

HERAUSGEGEBEN
IM
MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN.

JAHRGANG XXXVIII. 1888. HEFT IV BIS VI.

INHALT:

Für den Buchbinder. Bei dem Einbinden des Jahrgangs sind die »Statistischen Nachweisungen« aus den einzelnen Heften herauszunehmen und — in sich entsprechend geordnet — vor dem Inhaltsverzeichnifs des Jahrgangs dem Uebrigen anzufügen.

BERLIN 1888.
VERLAG VON ERNST & KORN
WILHELM ERNST
(GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG)
WILHELMSTRASSE 90.

JAHRGANG XXXVIII. 1888. HEFT IV BIS VI.

Die Börse in Antwerpen.

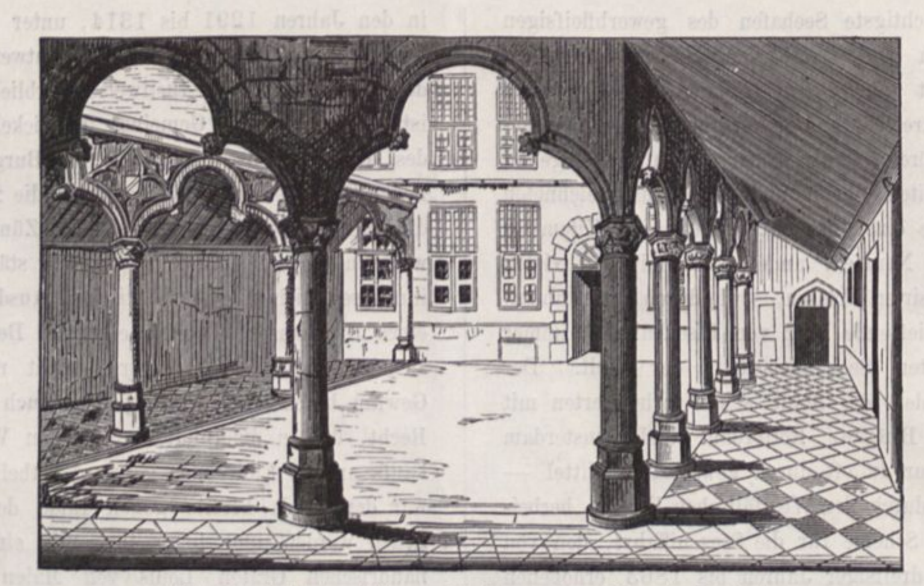
(Mit Zeichnungen auf Blatt 23 bis 26 im Atlas.)

Antwerpen, der wichtigste Seehafen des gewerbfleifsigen Belgiens, entwickelt sich dank seines vorzüglichen natürlichen Hinterlandes, wozu nicht allein ganz Belgien, sondern auch gröfsere Theile Nordfrankreichs und gewerbreiche Theile West- und Süddeutschlands gehören, dank seiner prächtigen Lage an der hier über 350 m breiten Schelde und seiner ausgezeichneten Verbindungen durch diese einerseits mit der etwa 80 Kilometer von der Stadt entfernten Nordsee, andererseits mit den vielen Binnencanälen oder canalisirten Flüssen, sowie durch das strahlenförmig hier zusammenschiefsende Netz von Eisenbahnen, immer mehr zu einer der ersten Seehandelsstädte der Welt. Der ruhmreiche Wettkampf, den die Stadt seit Jahrhunderten mit ihren Nebenbuhlerinnen Brügge, Rotterdam und Amsterdam führte und in dem sie nur zu oft durch gewaltsame Mittel — lange Belagerungen, die durch den Westfälischen Frieden herbeigeführte Schliefsung der Schelde für die Seeschiffahrt, den von den Holländern seit den dreifsiger Jahren bis 1863 erhobenen Scheldezoll — zeitweilig unterliegen mufste, ist heutzutage wohl auf lange Zeit zu gunsten Antwerpens entschieden.

Schon in alten Zeiten war an dieser begünstigten Stelle ein Hauptstapelplatz des Welthandels. Die Ganerben oder Anerpen, ein angelsächsischer Stamm, hatten sich am rechten Ufer der Schelde angesiedelt, an einem Platze, der für den Seehandelsverkehr wie geschaffen und äufserst leicht zu vertheidigen war, da er gewissermafsen eine Insel zwischen dem Flufs und den weiten überschwemmten Flächen bildete. Ihr Besitzthum schützten sie vermuthlich durch gewaltige, mit Thürmen und Zinnen versehene Mauern in der Weise, wie dies der Holzschnitt auf Seite 12 des Prachtwerkes von René Corneli „Antwerpen und die Weltausstellung 1885“ (Leipzig 1887, Verlag von Karl Fr. Pfau) darstellt. Das Dunkel, das über der Geschichte Antwerpens in den Jahren, welche dem Auftreten der Normannen vorangehen, schwebt, ist noch nicht gelichtet, doch wird bereits in einer Urkunde vom Jahre 726, in welcher der sächsische Anführer Rohingus, das Haupt der Schelde-Ganerbschaft, einer Vereinigung von Bauergutsbesitzern, den Namen eines „Fürsten von Antwerpen“ annahm und dem Friesen-Apostel Wilibrod die innerhalb der Burg von Antwerpen gelegene Kirche übergab, ein Umschlagsrecht der Stadt erwähnt, ein Beweis für das Vorhandensein eines ungemein lebhaften Handels. In den folgenden Jahrhunderten hob sich der kaufmännische Verkehr der Stadt — nur zeitweise gelähmt durch kriegerische Einfälle, Pest, Hungersnoth und Bürgeraufstände — immer mehr, namentlich seitdem Antwerpen zur Markgrafschaft des heiligen römischen Reiches erhoben worden, und die Herzöge von Brabant, an welche die Markgrafenwürde unter Gottfried dem Bärtigen, Grafen von Löwen, überging, den Handel durch einschneidende Verordnungen, Vorrechte und Zollbefreiungen begünstigten. Sicherlich zeugt nichts besser für das Gedeihen Antwerpens und für das ungemein schnelle Anwachsen der Bevölkerung, als die allein im 13. Jahrhundert sich dreimal wiederholende Nothwendigkeit, den Ring der Festungswerke weiter auszudehnen. Nach der letzten dieser drei Erweiterungen in den Jahren 1291 bis 1314, unter den Herzögen Johann I., Johann II. und Johann III., wird Antwerpen eine wirkliche Stadt; der bis dahin noch theilweise verbliebene dörfliche Charakter ist abgestreift, die Gemeinde entwickelt sich, die Verwaltung des Gemeinwesens, bisher von den Burgherren und den herzoglichen Officieren ausgeübt, geht in die Hände der Schöffen über, die Handwerker vereinigen sich zu Zünften, öffentliche Gebäude wachsen empor. Die neubegründete städtische Verwaltung findet ihren rechtlichen und politischen Ausdruck in der Errichtung eines Rathhauses, das ihr eigenster Besitz ist und auf welches sich die Macht des Burgherrn nicht mehr erstreckt. Reichen Gewinn brachte den Antwerpenern auch das Stapelrecht. Dieses Recht, die in die Stadt eingeführten Waren dort behufs Verkaufs an die Einwohner ganz oder theilweise löschen zu lassen, war der Stadt bereits gegen Ende des 12. Jahrhunderts verliehen worden und blieb ihr, mit einer längeren, durch den flandrischen Grafen Louis von Malen zu gunsten der Stadt Mecheln herbeigeführten Unterbrechung von 53 Jahren, Jahrhunderte lang erhalten.

Wesentlichen Einflufs auf Handel und Verkehr, nicht nur von Antwerpen, sondern der ganzen Welt, hatte auch die im 13. Jahrhundert erfolgte Gründung der Börsen, welche ihren Ausgangspunkt bekanntlich von den reichen flandrischen Städten nahmen, nach denen in diesen glanzvollen Tagen der Welthandel seinen Mittelpunkt verlegt hatte. Soll doch der Name „Börse“, als einer unter staatlicher Genehmigung stattfindenden Versammlung von Kaufleuten, Maklern und anderen mit dem Handel in Beziehung stehenden Personen zur Erleichterung des Betriebes kaufmännischer Geschäfte aller Art, daher stammen, dafs die Kaufleute zu Brügge in einem Hause ihre Zusammenkünfte hielten, welches der adeligen Familie van der Beurse oder Bourse zugehörte, und über dessen Thür das Geschlechtswappen, drei Börsen (Geldbeutel), befindlich war. Nach den übereinstimmenden Untersuchungen verschiedener Geschichtsschreiber und Alterthumsforscher bestand auch bereits im 14. Jahrhundert in Antwerpen ein Haus oder eine Räumlichkeit, welche die Bezeichnung „Börse“ führte und ausdrücklich zum Abschliefsen von kaufmännischen Geschäften, sei es mit oder ohne Vermittlung von Maklern, diente. Dieser anfänglich wohl sehr bescheidene Vereinigungspunkt des Handels der altehrwürdigen Scheldestadt stand in Verbindung mit dem Gildenhaus der Kurzwarenhändler am Grofsen Markt, hier wie überall in Belgien in unseren Tagen „Grande Place“ genannt, jenem malerischen Platze, an dessen Westseite sich heute in wuchtiger Massenentfaltung das Rathhaus des Cornelis de Vriendt, eins der bedeutendsten Werke der Renaissance in den Niederlanden aus dem Jahre 1560 erhebt, dessen Nord- und Südseite die stattlichen Gildenhäuser aus der Zeit der spanischen Herrschaft, das der Bogenschützen, der Küfer oder Böttcher, der Lohgerber und Schuster, sowie das der Schneider einnehmen. Später, gegen das Ende des 15. Jahrhunderts, kaufte die Stadt in derselben Strafse, heute „Rue du Jardin“ genannt, ein ausgedehnteres Besitzthum für die Zusammenkünfte der Kaufleute an. Der offene Hof dieses

Hauses, den an drei Seiten bedeckte Gänge umgaben, wurde im Jahre 1515 mit Arcaden, je vier an den beiden Langseiten, zwei an der einen Schmalseite geschmückt. Ueber ziemlich gedrungenen, auf strammen Postamenten ruhenden Säulen, die noch glatte Schäfte ohne jede Verzierung zeigen, spannen sich schon die später bei allen Erweiterungen oder Wiederherstellungen der Börse beibehaltenen Kleeblattbögen. Ein knappes, einfaches Gesims bildet den Abschlufs der Frontwände nach oben. Bemerkenswerth ist die reiche Gestaltung der Bogenzwickel mit ihren mannigfaltig wechselnden, von geschickten Steinmetzen hergestellten Verzierungen. Die Säulengänge selbst sind noch nicht überwölbt, sondern einfach mit Pultdächern, welche von innen nach aufsen abfallen, abgedeckt, sodafs die Traufen an den Aufsenwänden liegen. Ein Theil dieser frühen Börse in ihrer ältesten bekannten Gestaltung, von der die nach einem alten Stich gefertigte Abbildung 1 eine Anschauung giebt, wurde allen Stürmen, welche in den folgenden Jahrhunderten über die Stadt hinwegbrausten, zum Trotz bis in unsere Tage herübergerettet. Doch nicht gar zu lange sollte der Bau seinem ursprünglichen Zwecke dienen.


Abb. 1. Aeltestes Börsengebäude an der „Rue du Jardin".

An anderer Stelle (Centralblatt der Bauverwaltung 1887, S. 273) wurde nachgewiesen, wie sich nach dem unaufhaltsam wachsenden Verfall des altehrwürdigen Brügge, des Venedigs des Nordens, der Handel, ein Feind der Unruhe, immer mehr nach Antwerpen hinzog, wo er damals die seiner Entfaltung nöthige Sicherheit und Ruhe fand. Alle Gewerbszweige standen zu jener Zeit in der Scheldestadt in höchster Blüthe. Auch nach der Entdeckung des Seeweges nach Ostindien blieb Antwerpen der Hauptplatz für den Austausch der indischen, deutschen und nordischen Waren und Erzeugnisse. Die Portugiesen fanden es vortheilhafter, die vollendeten Einrichtungen des Handels, wie sie dieselben dort vorfanden, zu benutzen, brachten also nach der Scheldestadt ihre indischen Waren, wo ihnen behufs Austausches die reichsten und vollständigsten Warenlager zu Gebote standen. Die Fugger und Welser aus Augsburg, die Spinola aus Genua und andere hochangesehene Häuser hielten hier ihre Factoreien. Ihren Gipfelpunkt erreichten die Bedeutung und das Gedeihen von Antwerpen in den glanzvollen Tagen der Regierung Karls V., der, am 15. Februar 1500 in dem alten Schlosse der flandrischen Grafen zu Gent geboren, am 11. Februar 1515 seinen feierlichen Einzug in Antwerpen als Herzog von Brabant und Markgraf des heiligen römischen Reiches hielt. Voll Freude über den glänzenden Empfang versprach er die von seinen Vorgängern, den Herzögen von Brabant, gewährten Vorrechte und Freiheiten zu achten; die Antwerpener aber konnten darin, dafs der Herzog von Brabant, der diese Verheifsungen verkündete, gleichzeitig König von Spanien, Neapel und Sicilien und Beherrscher Indiens war, nur einen glücklichen Umstand mehr erblicken, der ihrem überseeischen Handel alle Meere der Welt erschlofs. Im darauf folgenden Jahre (1516) siedelten auch die letzten hanseatischen Kaufleute, hier „Osterlings" genannt, welche in Brügge ihre Factoreien noch behalten hatten, nach Antwerpen über, wo sie sich auch später, in den Jahren 1564 bis 1568, für ihre Handelsinteressen eine bleibende Stätte in dem „Hansahaus" erbauten, jenem heute noch kaufmännischen Zwecken dienenden Bau des Corn. de Vriendt, den damalige Schriftsteller einem königlichen Palaste verglichen.

Die Höhe der Bevölkerung Antwerpens zu jener Glanzzeit wird von den Zeitgenossen selbst auf hunderttausend Seelen geschätzt, zur Zeit der Messe von St. Bavo stieg die Anzahl der hier zusammenströmenden Menschen auf mehr denn achtzigtausend. Der Handel der Stadt war damals so bedeutend, dafs man zu sagen pflegte: „wenn die Welt ein Ring wäre, so verdiente Antwerpen der Diamant darin zu sein." Ueber die Handelsbewegung der Scheldestadt schreibt der Schriftsteller Scribonius in seinem Werke „Origines Antwerpiensum" (1610) folgendes: „Ich habe Schiffe bis zur Zahl von 2500 auf der Schelde gesehen, von denen die letzten zwei bis drei Wochen vor Anker liegen mufsten, ehe sie sich den Werften nähern und ihre Ladung löschen konnten. Es verging kein Tag, an welchem nicht mindestens 500 Fahrzeuge in den Hafen einliefen oder aus demselben abfuhren. Ich habe selbst erzählen gehört, dafs häufig 400 Segler auf einmal mit der Fluth in See gingen." Nach den Mittheilungen desselben Geschichtsschreibers trafen jede Woche mehr als tausend Lastwagen mit Waren ein, welche aus Deutschland, den Hansestädten, aus Lothringen, Frankreich usw. kamen, die Bauernkarren nicht gerechnet, welche Lebensmittel aller Art heranbrachten und deren Zahl oft mehr als zehntausend wöchentlich überstieg. Wenn auch die damaligen Schiffe nicht entfernt mit den heutigen Riesenfahrzeugen zu vergleichen sind und die Zahlen des Chronisten wohl nach der damaligen Sitte der Geschichtsschreiber etwas übertrieben sein werden, so kann man doch aus diesen Aussprüchen entnehmen, zu welcher hohen Blüthe der Handel Antwerpens damals gediehen sein mufs. Ein anderer, durchaus zuverlässiger Gewährsmann jener Zeit, der Florentiner Lud. Gucciardini, der mehrere Jahre lang als Gesandter in den Niederlanden lebte und seine treffenden, genauen Beobachtungen in seinem, namentlich zu Amsterdam mehrfach neugedruckten Werke: „Descriptio totius Belgii" niedergelegt hat, berichtet, dafs im Jahre 1566 die Einfuhr an Gewürzen und Zucker aus Portugal $1^1/_2$ Millionen Ducaten, an Seidenzeugen und Gold-

stoffen aus Italien 3 Millionen, an Getreide aus der Ostsee $1^1/_2$ Millionen, an deutschen und französischen Weinen $2^1/_2$ Millionen und dafs die Gesamt-Einfuhr aus England 12 Millionen Ducaten an Werth betragen habe. Ueber tausend fremde Häuser hatten sich damals in Antwerpen, der Königin der Schelde, angesiedelt. Die Zoll- und Marktabgaben brachten jährlich nahezu 2 Millionen Gulden ein. Ganz ungeheure Summen setzte namentlich hier der Geldhandel um. Wer Geld bedurfte, mufste sich damals hierher wenden. Karl V. und sein Sohn Philipp II. schlossen in Antwerpen ihre Anleihen ab, sie hielten hier ständige Agenten.

Dafs unter diesen Umständen die alte Börse an der „Rue du Jardin" bald den reifsend anwachsenden Bedürfnissen des Verkehrs nicht mehr entsprach, ist wohl natürlich. Durch die immer mehr zunehmende Zahl der Kaufleute, welche sich auf dem engen Raume zweimal am Tage trafen, hatte sich schon seit langer Zeit die Nothwendigkeit herausgestellt, dafs hier Abhülfe geschaffen werden müsse. Zwar hatte die städtische Verwaltung nichts versäumt, um der Stadt durch Gründung zahlreicher stattlicher Bauten auch einen der hohen Bedeutung des Handels entsprechenden Glanz zu verleihen, aber dennoch bedurfte es der wiederholten Vorstellungen der Kaufmannschaft, ehe sich die Behörden im Jahre 1530 entschlossen, einen Bauplatz zur Errichtung eines neuen Börsengebäudes zu erwerben, denselben Bauplatz, auf dem sich auch heute noch die Börse, von Privatgebäuden umschlossen, erhebt. Begonnen am 11. Juli 1531, wurde der Bau nach den Berichten der Chronisten bereits gegen das Ende desselben Jahres vollendet, für die damalige Zeit, falls die Angaben der Zeitgenossen auf Wahrheit beruhen, eine ganz bedeutende Leistung. Der Entwurf zu diesem prächtigen spätgothischen, vielfach schon an die bereits heraufdämmernde Renaissance anklingenden Bau stammt von Dominicus van Waghemakere her, der damals das Amt des Stadtbaumeisters bekleidete. Wie beim älteren Bau an der „Rue du Jardin", bildete auch hier ein rechteckiger Hof den Kern der Anlage, der jetzt jedoch die stattlichen Abmessungen von 51,5 m Länge und 40 m Breite erhielt. Rund um denselben erstreckte sich ebenfalls ein bedeckter Gang von 6 m Breite mit elf Oeffnungen an den Langseiten, acht Oeffnungen an den Schmalseiten (vergl. Abb. 2), dessen Hofwand getragen wurde von 38 Säulen aus Blaustein, einem quarzhaltigen, sehr festen Kalkstein, der aus vielen belgischen Brüchen noch heute gewonnen wird. Diese Säulen, bedeutend schlanker als die Stützen des älteren Baues — sie hatten den geringen Durchmesser von nur 32 cm — erhoben sich auf achtseitigen, ebenfalls verhältnifsmäfsig schwächlichen, mehrfach gegliederten Postamenten, und wie noch heute waren die Schäfte mit den mannigfaltigsten, eingemeifselten Mafswerks-Musterungen reich verziert, welche sowohl unter sich, wie auch bei jeder Säule zweimal, durch eine Gürtelung geschieden, wechselten. Die in sehr späten gothischen Formen ausgebildeten Säulen waren aus vier Stücken, aus Basis, Capitell und zwei Schafttheilen, zusammengesetzt. In Anlehnung an den älteren Bau spannten sich auch hier von Säule zu Säule Kleeblattbögen, mit Krabben, Kreuzblumen und Fialen geschmückt. Die Umgänge sind bereits mit den flachen Netz- und Sterngewölben mit vortretenden Rippen überdeckt, welche in reichem Wechsel die mannigfaltigsten Planbildungen zeigen (vergl. Abb. 2). Zur Aufhebung des Gewölbeschubes wurden überall Anker unmittelbar über den Capitellen der Säulen gespannt. Die Arcaden waren von einem niedrigen Geschofs ohne Fenster bekrönt, das im innern einen oberen Gang mit kleinen, an einer Seite desselben ausgebauten Krambuden bildete, welche ihre Beleuchtung durch Oberlichter empfingen. Die Wand über den Kleeblattbögen wurde nur durch ein ganz glattes Gurtgesims belebt und durch ein leicht gehaltenes, fast dürftiges Hauptgesims mit Kragsteinen abgeschlossen; die reichen Zwickelverzierungen über den Bögen des älteren Baues waren also hier in Wegfall gekommen. Die Umgänge wurden mit sattelförmigen Ziegeldächern abgedeckt, die durch einfache Dachluken mit gekuppelten Fenstern, in den Achsen der Bogenöffnungen vertheilt, belebt wurden (vergl. Abb. 3).

Süden.

Norden.

Abb. 2. Grundrifs der Börse des Dominicus van Waghemakere.

Abb. 3. Ansicht der Börse des Dominicus van Waghemakere.

Durch vier Eingänge, auf welche die vier das umgebende Häuserviertel durchbrechenden Strafsen führten, wurde die Börse zugänglich gemacht. Den beiden hervorragenderen Zugängen von der heutigen „Rue de la Bourse“ im Norden, und von der „Rue des douze Mois“ im Süden wurde je eine zweiachsige, in ähnlicher Weise, wie die Umgänge ausgebildete Halle vorgelegt. Durch die genannten Strafsen und die Börse selbst wurde damals, wie noch heute, eine Verbindung hergestellt zwischen der belebten „Place de Meir“, einer langgestreckten, breiten Strafse, aus der Ueberbrückung eines Canals entstanden, mit stattlichen, meist im Barock- und Rococostil erbauten Häusern, und der ziemlich parallel laufenden, viel ruhigeren „Longue Rue Neuve“, eine Verbindung, die um so wünschenswerther war, als sich an diesem Punkte schon damals, wie noch in unseren Tagen, der Hauptverkehr der Stadt staute, wie ein Blick auf den Stadtplan deutlich erkennen läfst. In zwei kleinere Hallen führten die weniger hervorgehobenen Eingänge an den Langseiten der Börse im Westen und Osten, entsprechend der geringeren Bedeutung der hier endigenden Strafsen „Rue des Israélites“ und „Courte Rue des Claires“. Bemerkenswerth ist, dafs von diesen vier Eingängen der im Süden allein mit der Achse der Börsenhalle zusammenfällt, die anderen aber ganz unregelmäfsig angelegt sind, wie es eben das Bedürfnifs der Zufahrtsstrafsen verlangte.

Durch drei in Verbindung mit den Haupteingangshallen stehende Treppenhäuser war das obere Geschofs zu erreichen. An den Aufsenfronten des Gebäudes, im Norden und Süden, zur Seite der Haupteingänge, erhoben sich zwei stattliche Thürme. Den südlichen, nach der „Rue des douze Mois“ gelegenen, schon von weitem von der „Place de Meir“ einstmals sichtbaren und besonders reich ausgebildeten Thurm zeigt die Abbildung 4 zugleich mit dem eigenartigen Schmuck der beiden Eingänge daselbst. Wie aus der nach einem Stich des J. Linnig aus dem Jahre 1849 hergestellten Abbildung ersichtlich, bildete der Eingang zur Börse mit dem reizvollen Treppenthurm und den benachbarten Giebelhäusern eine äufserst malerische Gebäudegruppe. Ueber dem dreigeschossigen, rechteckigen Unterbau des Thurmes erhoben sich zwei achteckige Geschosse. In einfachster Weise, über einem ziemlich weit ausladenden Gurtgesims ist dann der Thurm in die cylindrische Form übergeführt, in welcher er noch zwei Stockwerke hoch bis zur Dachtraufe ansteigt. Sehr reizvoll wirkt die reiche Ausbildung der achtseitigen Dachhaube mit ihrem zierlichen, von Säulenstellungen umgebenen Ausguck. In eigenartiger Weise laufen die Kanten des geschweiften Thurmdaches in Spitzen aus, die über das Hauptgesims hinausragen. Der Thurm trug eine Uhr mit Glockenspiel, das Schlagwerk war in dem oberen, offenen Aufbau des Daches untergebracht. Zur Erhöhung der malerischen Wirkung des ganzen Architekturbildes trug auch wesentlich die alterthümliche Gestaltung des Wandschmuckes über den beiden Eingängen bei, dessen kindliche Auffassung wohl die Vermuthung rechtfertigt, dafs man es hier mit einigen, nach dem neuen Bau übertragenen Theilen aus der alten Börse zu thun hat. Aus dem mittleren Zwickel der Kleeblattbögen erhebt sich ein von der Mauerkrone und zwei geflügelten, schildhaltenden Thieren überragtes Wappen; über den Scheiteln der Bögen stehen ebenfalls schildhaltende Thiere, in denen links der brabantische Löwe zu erkennen ist, während sich in den äufseren Bogenzwickeln auf einfachen Postamenten die gewöhnlichen Schildhalter des Antwerpener Wappens erheben, links ein Mann, an der anderen Seite eine Frau, in einer nach Naturwahrheit strebenden Auffassung. Im übrigen zeigen die Kleeblattbögen denselben Schmuck — Krabben in sehr spätgothischen Formen — wie die inneren Hallen. Den Abschlufs der Eingangswand bildet eine Brüstung mit Vierpässen zwischen Pfeilerchen. Bemerkenswerth sind übrigens auch die in der Abbildung den Vordergrund bildenden schmalen Häuser, welche mit ihren weit überkragenden Holzgiebeln das eigenartige Gepräge des Antwerpener Wohngebäudes aus dem 15. Jahrhundert zeigen (vergl. den Holzschnitt auf Seite 21 des schon erwähnten Corneli'schen Werkes: „Antwerpen und die Weltausstellung 1885.“). In einfacheren Formen ist der zweite Thurm an der „Rue de la Bourse“ gehalten, der zum Theil in Abb. 3 zu erkennen ist. Seine Grundform war ein Achtseit mit abgestumpften Kanten, welches mit einem schlichten, geschweiften Zeltdach abgedeckt war.

Abb. 4. Eingang zur Börse von 1531 von der „Rue des douze Mois“ aus. Nach einem Kupferstich von J. Linnig aus dem Jahre 1849.

Auch dieser Bau, wie bemerkt am 11. Juli 1531 begonnen, sollte nicht lange unversehrt stehen. Nicht unbeträchtlichen Schaden erlitt die Börse bereits im Jahre 1576 während der unter dem Namen der „spanischen Furie“ bekannten, abscheulichen Ausschreitungen der spanischen Söldnerhaufen. Sie wurde in diesen schreckensvollen Tagen zu einer grofsen Spielhölle umgewandelt, wo die von Blut und Wein trunkenen Soldaten auf Trommeln um die Schätze würfelten, welche sie den

Kaufleuten geraubt hatten. Später, am 24. Februar 1583, wurde das Gebäude gar zum Theil durch einen grofsen Brand zerstört, der, in einer der Krambuden des oberen Geschosses ausgebrochen und, nicht sofort unterdrückt, dieses schwere Unheil über den stattlichen Bau heraufbeschwor. In kürzester Zeit stand das Gebäude an allen vier Ecken in Flammen. Glücklicherweise setzten die Gewölbe der Erdgeschofshallen der Weiterverbreitung des Feuers erfolgreichen Widerstand entgegen. Trotzdem das dreitägige Trauerspiel der „spanischen Furie" dem Handel Antwerpens für lange Zeit den Todesstofs versetzt hatte, und die folgenden kriegerischen Ereignisse, sowie die Streitigkeiten im Innern der Stadt nur noch mehr den tiefen Fall besiegelten, entschlofs man sich sofort zum Wiederaufbau der Börse. In den Jahren 1583 bis 1585 wurde der obere Theil des Gebäudes durch den damaligen Stadtbaumeister Paul Luydinckx wiederhergestellt. Dieser liefs das Obergeschofs noch mehr erhöhen und durchbrach die Hofwand durch eine Reihe einfacher, rechteckiger Fenster zur Beleuchtung der neu eingerichteten Räume dieses Geschosses. Die Fenster waren abwechselnd über den Scheiteln der Kleeblattbögen und über den Säulen angeordnet, sodafs auf die anderthalbfache Achsweite je ein Fenster entfiel. Ueber diesem Obergeschofs wurde dann noch ein zu Lagerzwecken bestimmtes Dachgeschofs ausgebaut, das Luft und Licht durch einfache Dachluken empfing. Die oberen Räume waren nur von aufsen durch die beiden Thurmtreppen und das dritte Treppenhaus im Nordosten zugänglich (vgl. Abb. 2). Im Laufe der Zeit änderten sie vielfach ihre Bestimmung, namentlich seit der Einrichtung der Handelskammern und der Handelsgerichte, denen sie schliefslich zu dauerndem Gebrauch übergeben wurden.

Als dann, nach den wechselvollen Ereignissen der folgenden Jahrhunderte, Belgien durch die September-Revolution von 1830 seine Unabhängigkeit gewonnen und in den Kämpfen der folgenden Jahre mit Hülfe der Franzosen siegreich vertheidigt hatte, als das Land sich unter den Königen aus dem herzoglichen Hause Sachsen-Koburg einer längeren gedeihlichen Ruhe erfreuen konnte, und die belgische Regierung durch das Gesetz vom 5. Juni 1839 die Bezahlung des den Holländern zugestandenen Scheldezolles auf ihre Rechnung übernahm und dadurch dem Handel der Stadt schon einige Erleichterung verschafft hatte, hob sich der günstig gelegene Hafenplatz, die einstige Königin der Schelde, allmählich aus ihrem tiefen Verfall. Die in den Jahren 1832 bis 1848 stets wachsende Zahl der Börsenbesucher liefs immer wieder von neuem die Klage erheben, dafs die bestehenden Räumlichkeiten durchaus ungenügend seien, namentlich im Winter. Die Hallen des Erdgeschosses boten allein bei ungünstiger Witterung den Kaufleuten einen dürftigen Schutz. Die städtischen Behörden konnten sich daher auf die Dauer diesen begründeten Klagen nicht entziehen und beschlossen im Jahre 1849 den inneren Hof zu überdecken. Nach einem mehr oder weniger ernsthaft gemeinten Preisausschreiben, welches als einzige Bedingung die Einschränkung enthielt, dafs die Ueberdeckung sich nicht auf die inneren Mauern des Hofes stützen dürfe, weil die Säulen einen Zuwachs an Last nicht zuliefsen, betraute man am 27. Juli 1850 den Lütticher Industriellen Charles Marcellis mit der Herstellung dieser Arbeit, welche er vollständig in Gufseisen entworfen hatte. Die Ueberdeckung in Form eines Zeltdaches mit eirunder Laterne ruhte auf zwölf gufseisernen Säulen, die, ähnlich wie die alten Steinsäulen des Dominicus van Waghemakere ausgebildet, unmittelbar vor diese gestellt wurden, je eine in den vier Ecken und je zwei auf die Lang- und Schmalseiten der Halle vertheilt. Die Eisenconstruction wurde durch einen zwölfseitigen Spannring aus Walzeisen zusammengehalten, welcher im Bodenraum der bedeckten Umgänge untergebracht wurde. Man hat versichert, dafs bei jeder Aenderung der Luftwärme die in dem Spannring angebrachten Schlösser nachgelassen oder angezogen werden mufsten, um eine schädliche Bewegung der Eisenconstruction zu verhindern. Wie aus der Abbildung 6 ersichtlich sein wird, griff dieser Spannring in sehr ungleichmäfsiger Weise an den einzelnen Unterstützungspunkten der gufseisernen Dachbinder an, besonders an den acht Zwischenbindern X, welche an den Lang- und Schmalseiten des Hofes aufgestellt waren. Die geringe Tiefe der gewölbten Hallen von nur 6 m machte eben eine kreisrunde Form des Spannringes und damit das Auftreten von Ringkräften, die an allen Bindern unter gleichen Winkeln angriffen, unmöglich. So war denn bei der gewählten Anordnung der Eisenconstruction die stete Gefahr vorhanden, dafs der durch den schrägen Zug des Spannringes hervorgerufene Bruch eines der gufseisernen Binder den Zusammensturz der ganzen schwerfälligen Ueberdeckung nach sich ziehen würde. Die Binder selbst, mit gebogenen Untergurten und sattelförmigen Obergurten, waren aus einzelnen Theilen von 3,50 bis 6,50 m Länge zusammengeschraubt und durch Pfetten mit gebogenen Untergurten verbunden. Durch eine unter den Traufen des Daches rundum laufende Fensterreihe sowie durch die seitlichen Oberlichter der Laterne wurde eine allenfalls ausreichende Beleuchtung des ausgedehnten Raumes erzielt. Vor den rechteckigen Fenstern der Oberwand über den Kleeblattbögen wurden gufseiserne Rahmen mit Steinschrauben am Mauerwerk befestigt, um durch diese Maske nach der Ansicht des Constructeurs die Fenster zu gothisiren, da auch die Zierformen der ganzen Ueberdeckung der gothischen Kunstrichtung entlehnt waren. Den Eindruck, den dieses ungesunde, künst-

Abb. 5. Ansicht der Börse von 1851 bis 1858.

liche Machwerk hervorrief, mag sich der Leser an Abbildung 5 klar machen, welche nach einem von Marcellis veröffentlichten Steindruck hergestellt wurde.

Am 2. August 1858, gegen 11 Uhr abends brach im Bodenraum über den gewölbten Hallen ein neuer Brand aus, der sich mit rasender Schnelligkeit über das ganze Dachgeschofs verbreitete und in weniger als einer halben Stunde die ganze Eisenconstruction zum Einsturz brachte. Das Feuer hatte eben den Spannring, der von allen Seiten von den Flammen umspült wurde, so stark ausgedehnt, dafs die Binder ihren Zusammenhang verloren und in ihrem Sturze das ganze Obergeschofs mit sich fortrissen, die Gewölbe durchschlugen und die schlanken Säulen des Erdgeschosses mit in das Verderben zogen. Es hat nicht festgestellt werden können, durch welche Ursache der Brand entstanden ist.

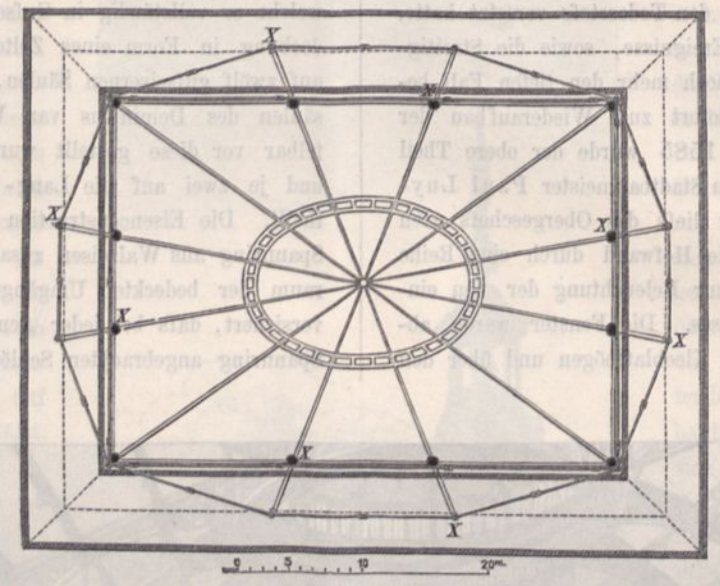


Abb. 6. Grundrifs der Eisenconstruction des Charles Marcellis.

Die wachsende Bedeutung Antwerpens als Handelsplatz forderte gebieterisch eine baldige Herstellung neuer Räume für die Zusammenkünfte der Kaufleute, sowie zur Unterbringung der Handelskammer und des Handelsgerichtes; hatte sich doch die Seehandelsbewegung der Scheldestadt von durchschnittlich 440 Tonnen täglich in den Jahren 1830 bis 1840 auf 1028 Tonnen in den Jahren 1850 bis 1860 gehoben, dabei ein immer mehr zunehmendes Wachsthum zeigend. Der Antwerpener Architekt Joseph Schadde, gegenwärtig Mitglied der kgl. belgischen Akademie und Professor der Antwerpener Akademie der schönen Künste, der spätere Erbauer des im Centralblatt der Bauverwaltung auf S. 273 ff. Jahrg. 1887 veröffentlichten Bahnhofsgebäudes in Brügge, der altehrwürdigen Hauptstadt von Westflandern, wurde mit der Aufstellung eines Entwurfs für einen Börsenneubau beauftragt. Von der geschichtlichen Thatsache ausgehend, dafs die Börse von Antwerpen das erste in Europa für diesen besonderen Zweck errichtete Gebäude ist, welches wir kennen, wollte der Architekt den urspünglichen Stil und die allgemeine Anordnung des Hauses auf derselben Baustelle dauernd der Nachwelt erhalten und nur, den erweiterten Bedürfnissen der Gegenwart Rechnung tragend, eine zweite, gewölbte Hallenreihe und eine Anzahl von Nebenräumen hinzufügen. Am 6. November 1858, also kaum drei Monate nach dem Zusammensturze der alten Hallen, reichte Schadde den städtischen Behörden drei Entwürfe ein, welche, nur in Einzelheiten von einander abweichend, sämtlich eine Börse darstellten, die auf dem bisherigen Bauplatz und im alten Stil des Jahres 1531 neu erstehen sollte. In allen drei Entwürfen war von einer Ueberdeckung des Hofes Abstand genommen. Durch die zweite, den ganzen Hof umziehende Hallenreihe sollte dem Verlangen der Kaufleute nach mehr geschütztem Raume bei schlechter Witterung entsprochen werden. Die städtischen Behörden beschlossen jedoch am 20. November 1858, eine öffentliche Preisbewerbung zur Wiederherstellung der Börse auszuschreiben, was auch etwa einen Monat nach Einreichung der Pläne Schaddes geschah. Etwa vierzig Entwürfe wurden von Architekten verschiedener Länder eingesandt, deren Verfasser, wie es die Bedingungen des Wettbewerbes vorschrieben, vorläufig ungenannt blieben; nur die drei Entwürfe des Meisters Schadde allein wurden, mit dessen Unterschrift versehen, zusammen mit den übrigen ausgestellt. Das Preisgericht erkannte einem dieser drei Entwürfe den ersten Preis zu. Der Wettbewerb hatte aber keine weiteren Folgen, es wurde vielmehr am 11. Juli 1860 ein neuer Wettbewerb eröffnet. Das neue Programm schrieb eine bedeckte Börse auf der alten Baustelle unter Hinzunahme einiger benachbarter Häuser vor, die im Stile der Börse des Dominicus van Waghemakere vom Jahre 1531 errichtet werden sollte. Diesmal traten nur vier Bewerber auf, und Schadde gewann zum zweiten Male den einzigen Preis, sodafs er nach diesem wiederholten Siege wohl die begründete Hoffnung hegen durfte, nunmehr mit der Wiederherstellung des Baues baldigst endgültig betraut zu werden. Aber zahlreiche, von den Gegnern seines Entwurfes hervorgerufene Verwicklungen, von den städtischen Behörden eingeforderte Gutachten und Gegengutachten, Erörterungen und Untersuchungen ohne Ende schoben die endgültige Wahl des Architekten noch über zwei Jahre, vom Tage des letzten Preisausschreibens ab gerechnet, hinaus. Endlich am 2. August 1862 erhielt Schadde den bestimmten Auftrag, die Entwürfe, Anschläge und Bedingungen zum Zweck der Vergebung der Arbeiten vorzubereiten. Alle diese Vorarbeiten konnte er bereits am 9. März 1863 den städtischen Behörden überreichen und er hatte die Freude, bereits am 26. März desselben Jahres seine Pläne durch die Gemeindevertretung, die Schöffen, genehmigt zu sehen. Aber die Gemeindewahlen vom October 1863 thürmten neue Schwierigkeiten vor ihm auf, indem sie die Gegenpartei ans

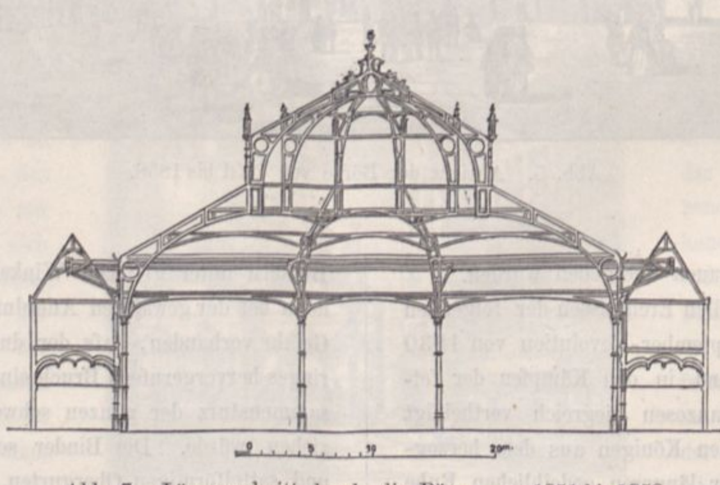


Abb. 7. Längenschnitt durch die Börse von 1851 bis 1858 mit der Eisenconstuction des Charles Marcellis.

Ruder der städtischen Verwaltung brachten, welche, wie dies leider meist im „constitutionellen“ Belgien der Fall ist, ihre neue Herrschaft damit begann, dafs sie die von ihren Vorgängern gefafsten Beschlüsse nicht ausführen wollte. Als Gründe für die weitere Verzögerung der Angelegenheit machten die neugewählten Schöffen geltend, dafs durch die im Jahre 1860 erfolgte Hinausschiebung der alten Umwallung von 1567 und die dadurch erzielte bedeutende Vergröfserung der Stadt, welche deren Flächenraum nahezu verfünffachte, sich wohl ein besserer Bauplatz für die Börse im Gebiete der Stadterweiterung gewinnen liefse. Infolge dessen erhielt Schadde von den städtischen Behörden die Benachrichtigung, dafs seine von der früheren Verwaltung genehmigten Pläne nicht ausgeführt werden könnten.

Fünf Jahre gingen noch ins Land, die eifrig benutzt wurden, um die verschiedensten Entwürfe durch den Stadtbaumeister und andere Rathgeber der Verwaltung aufstellen zu lassen. Inzwischen hatte der Antwerpener Handel durch die bedeutende Vervollkommnung der Verkehrsmittel, durch die im Jahre 1863 erfolgte endliche Ablösung des drückenden Scheldezolles, durch die Abschaffung des Tonnengeldes, die Herabminderung der Lotsengebühren usw. eine immer gröfsere Ausdehnung gewonnen, hob sich doch die Seehandelsbewegung von durchschnittlich 1028 Tonnen täglich in den Jahren 1850 bis 1860 auf die Zahl von 2267 Tonnen im folgenden Jahrzehnt, sodafs die Frage der Wiederherstellung oder eines Neubaues der Börse eine immer brennendere wurde. Endlich, nachdem die zahlreichen Entwurfsversuche zu keinem zufriedenstellenden Ergebnifs geführt hatten, wurde bei den städtischen Behörden der Antrag eingebracht, auf die Pläne Schaddes zurückzugreifen. Jedenfalls werden die zunächst Betheiligten, die Börsenbesucher selbst, einer Verlegung der Börse nach der noch wenig angebauten Neustadt die Beibehaltung des alten Bauplatzes vorgezogen haben, eines Bauplatzes, der, abgesehen von den geschichtlichen Erinnerungen, durch seine bevorzugte Lage im Mittelpunkte des städtischen Verkehrs, nahezu gleich weit entfernt von den ausgedehnten Scheldewerften und von den grofsartigen Hafenbecken, wie von den Empfangsgebäuden der Staatsbahn und der durch das Waesland nach Gent führenden Eisenbahn, für seinen Zweck wie geschaffen schien. Nach nochmaligen längeren Verhandlungen, unglaublichen Ränken und zwei aufeinander folgenden Abstimmungen wurde der im Jahre 1862 bereits einmal genehmigte Entwurf Schaddes am 27. Juni 1868 endgültig angenommen. Am 28. October 1868 erfolgte die Verdingung der Arbeiten, im Januar 1869 wurde der Zuschlag ertheilt und nach etwa dreiundeinhalbjähriger Bauzeit, am 19. August 1872, konnte das neue Gebäude feierlichst eingeweiht werden. Also über ein volles Jahrzehnt mufste verfliefsen, ehe man sich über den Entwurf einigen konnte! Man weifs angesichts dieser Thatsache wirklich nicht, was man mehr bewundern soll: die Unermüdlichkeit, mit welcher der Architekt seinen zur Erreichung des beabsichtigten Zweckes von ihm als geeignet erachteten Entwurf immer wieder gegen die sich vor ihm aufthürmenden Schwierigkeiten vertheidigte, oder die Langmuth der Antwerpener Kaufmannschaft, die sich über vierzehn Jahre lang in vorübergehend eingerichteten Räumen behelfen mufste.

Wenn wir uns nunmehr zur Beschreibung des Neubaues selbst wenden wollen, zu dem man von den vier durch die Börse selbst verbundenen Strafsen um einige Stufen hinansteigt, so besteht der eigentliche Börsenraum aus einer weiten, zum Theil mit Glas gedeckten Halle genau in den Abmessungen (51,50 m Länge, 40 m Breite) des Baues des Dominicus van Waghemakere. Im Erdgeschofs umgiebt jedoch heute ein zweischiffiger, von 68 Säulen getragener Laubengang den trefflich wirkenden Raum, nach welchem sich die Arcaden, um zwei Stufen gegen die mittlere Halle gehoben, mit ihren spätgothischen, schon mit Renaissance-Anklängen gemischten Kleeblattbögen öffnen. Im Obergeschofs stellt ein von 38 Säulen gestützter, noch prächtiger ausgebildeter Umgang die Verbindung nach den dort untergebrachten Räumen für die Handelskammer und das Handelsgericht her. In reizvoller Weise sind die Langseiten der oberen Bogenhallen durch zierliche, in den Mittelachsen angeordnete Erker unterbrochen. Die Zwickel über den oberen, ebenfalls mit Krabben, Kreuzblumen und Fialen verzierten Kleeblattbögen sind in Anlehnung an den ältesten, in Abbildung 1 dargestellten Börsenraum mit reichen, spätgothischen Mafswerks-Musterungen zwischen den Fialen überzogen.

Wie die Grundrisse auf Blatt 24 zeigen, wurden durch die Hinzunahme benachbarter, nordwestlich gelegener Grundstücke im Erdgeschofs noch ein besonderer Saal für Staatspapiere, ein Fernsprechraum und ein Saal für Verkäufe nebst einigen Abtritten gewonnen. Im Obergeschofs liegt an der Südseite des Umganges der grofse Saal für das Handelsgericht nebst Berathungszimmern und Vorräumen, unmittelbar zugänglich von dem an der „Rue des douze Mois“ gelegenen Treppenhause. Die ganze Ostseite hat die Telegraphen-Verwaltung mit ihren verschiedenen, aus den Bezeichnungen des Grundrisses kenntlichen Räumen in Anspruch genommen. An der Nordseite ist der grofse Versammlungssaal der Handelskammer, zwischen den beiden Treppenhäusern an der „Rue de la Bourse“ gelegen, sowie ein Saal für den Handelskammer-Secretär untergebracht, während endlich westlich von dem bedeckten Umgange die Geschäftsräume der Getreidebörse und die Registraturen des Handelsgerichts liegen. Einige Nebentreppen führen noch zu dem theilweise ausgebauten Dachgeschofs. Die genannten Räume konnten nur zum geringsten Theil unmittelbar von den benachbarten Strafsen ihr Licht empfangen, zum Theil werden sie daher von der grofsen Halle oder — namentlich im Nordwesten — von Lichthöfen aus beleuchtet. Im Osten und Süden aber gestattete ein schon vorhandenes oder neu erworbenes Fensterrecht die Anlage von zahlreichen Lichtquellen nach den benachbarten Grundstücken hin, sodafs alle Räume ausreichend Luft und Licht empfangen. Aus dem Grundrifs des Erdgeschosses ist auch zugleich die mannigfaltige Ausbildung der Netz- und Sterngewölbe der zweischiffigen Halle zu ersehen.

Die Gründung der Wände und Pfeiler ist aus Blatt 26 ersichtlich. Nach allen Seiten tritt das Grundmauerwerk der Pfeiler in mehreren Absätzen weit vor und ist durch überall in zwei Ringen gewölbte Bögen verbunden. In den geböschten, etwa 1 m hohen, ebenfalls aus Blaustein hergestellten Unterlagssteinen stehen die Säulen mit dollenartigen Ansätzen auf. Auch die umfangreiche Verankerung der Hallengewölbe ist in dem genannten Durchschnitt erkennbar. Diese Gewölbe selbst wurden in Ziegeln sauber hergestellt und einfach gefugt; ihre Rippen bestehen aus Blaustein. Die oberen Umgänge sind wie die unteren mit Steinfufsböden (Granitplatten auf Ziegelgewölben)



nenstrahlen in unangenehmer Weise senkrecht in den Börsensaal einfallen können.

Die Decke der Börsenhalle, welche im wesentlichen nach den drei Seiten eines regelmäfsigen Sechsecks gebildet wurde, wird durch einen eigenartigen schmiedeeisernen Dachstuhl getragen, der eine ähnliche künstlerische Ausbildung erhalten hat, wie die Bahnhofshalle in Brügge (vergl. „Centralblatt der Bauverwaltung“ 1887, Seite 282). Da die Säulen der Umgänge möglichst wenig belastet werden sollten, so wurden die als obere Gurtung der Binder wirkenden Sparren bis zu den Umfassungswänden des ganzen Gebäudes herabgeführt und dort mit den stark verankerten Unterzügen der Obergeschofsdecken durch Winkellaschen verbunden. Diese auch durch die oberen Hallen bis zu den Blausteinsäulen durchgehenden Unterzüge sowie die Strebesparren von II-förmigem Querschnitt bilden damit einen Theil der unteren Gurtungen des ganzen Bindersystems. Durch die über den Säulen aufsteigenden Stützen mit [Profil]-förmigem Querschnitt ist dann eine kräftige Dreiecksverbindung der unteren Bindertheile bewirkt. Aufserdem werden die Strebesparren, welche eine Gesamtlänge von rund je 28 m erhielten, nochmals durch die Unterzüge des Dachgeschofsfufsbodens gefafst, mit denen sie ebenfalls durch Winkellaschen verbunden sind. Durch zangen- und stützenartige Constructionstheile in Verbindung mit dem seitlichen einhüftigen und dem mittleren Halbkreisbogen, sämtlich von ähnlichem Querschnitt wie die Sparren, ist dann, frei in den Börsenraum hineinragend, ein festes, fachwerkartiges Gerippe gebildet, das in seiner Erscheinung an die reichen, im Inneren sichtbaren Holzdächer mit ihren kühnen Hänge- und Sprengewerken erinnert, wie sie viele englischen Kirchen seit dem 15. Jahrhundert zeigen — beispielsweise St. Stephan in Norwich, die Kirchen von Lavenham und Melford in Suffolk, die Marienkirchen in Oxford und in Beverley aus der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts — und wie sie von Raschdorff in glücklichster Weise bei der Wiederherstellung des Gürzenich in Köln ausgeführt wurden. Um den unteren, einhüftigen Bögen mehr Relief zu geben, sind dieselben noch an den Seiten durch schmiedeeiserne, mit Ueberwürfen befestigte Röhren verstärkt. Die in den Bogenzwickeln angeordneten Kreise bestehen aus ⊥ Eisen, die an den Berührungspunkten unter sich und mit den Hauptgliedern des Fachwerks vernietet sind. Sehr wirkungsvoll sind hier, wie auch in Brügge, die mittleren Zangen ausgebildet. Durch kleeblattförmig ausgeschnittene Bleche, welche parallel den senkrechten Stegen an die Aufsenseiten der kastenförmigen Zangen aufgelegt sind, entsteht eine Reihe von kleinen Dreipafsnischen, in deren Hintergrund mit lebhaften Farben Blattverzierungen aufgemalt sind. Am Vereinigungspunkte des unteren, einhüftigen Bogens, der Hängesäule, der Zange und des oberen Bogens sind dem Stile des ganzen Gebäudes angepafste Verkleidungen angebracht, welche diese Bauglieder harmonisch in einander überführen und wodurch das angestrebte System klar zum Ausdruck gebracht wird (vergl. Blatt 23). Die Hauptbinder — vier an der Zahl — sind in der Längenrichtung der Halle unter sich und mit den Giebelwänden durch neun Reihen von Pfetten verbunden, von denen vier in reicherer Weise ausgebildet wurden. Unter den letzteren spannt sich ein Längenverband aus gebogenen, schmiedeeisernen Rohren mit Zwickelkreisen durch die ganze Halle hin. Das reiche Laub- und Blüthenwerk, welches sich über die Binderzwickel und Längsverbindungen in üppiger Weise rankt, und das in der Zeichnug etwas unruhig erscheint, sich aber thatsächlich von unten gegen die hell beleuchtete Oberwand der Halle gesehen wirkungsvoll abhebt, ist in kunstvollster Weise als Handschmiedearbeit hergestellt. Und wenn es auch einen so günstigen Eindruck wie das später ausgeführte, flüssig gezeichnete Rankenwerk der Brügger Bahnhofshalle nicht macht, so wird man der hier versuchten künstlerischen Ausbildung der Eisenconstruction doch ein gefälliges Aussehen zugestehen müssen. Mit den belebten Dachbindern und den reich ausgemalten mittleren Deckenfeldern vereinigt sich der flache Tudorbogen über den Oberfenstern und das reiche Mafswerk zu einem eigenartigen Gesamtbilde. Auch treten die etwas schwerfällig zusammengesetzten Querschnitte der Bauglieder bei der Gröfse des überdeckten Raumes durchaus nicht störend auf. Zu bemerken ist noch, dafs für eine Ausdehnung der Eisentheile, die nach obigem zum Theil ganz beträchtliche Längen erhalten haben, keinerlei Vorsorge getroffen wurde. Dieser Umstand könnte bei einem Brande, der allerdings durch den nahezu vollständigen Ausschlufs aller brennbaren Baustoffe wahrscheinlich keinen grofsen Umfang annehmen würde, leicht verhängnifsvoll werden. Das Rankenwerk der Binder stellt diejenigen Pflanzen dar, welche die Hauptgegenstände des Antwerpener Handels liefern. An den westlichen Bindern bemerkt man die Weinrebe, das Zuckerrohr, die Kaffeestaude und die Reisähre, an der Ostseite Tabakspflanzen, Baumwollen- und Theestauden und verschiedene Getreidearten. In den Zwickelkreisen der Binder sind die Wappen derjenigen Gilden angebracht, welche in Beziehung zum Handel stehen. Die mittleren Felder des wagerechten Deckentheiles zeigen den belgischen Löwen abwechselnd mit den Wappen der Provinz und der Stadt Antwerpen in lebhaften Farben aufgemalt, in den Randfeldern wurden rothe und weifse rosenartige Muster dargestellt in Anlehnung an die das Antwerpener Stadtwappen umkränzenden rothen und weifsen Rosen. In den Mafswerks-Verzierungen über den Bogenstellungen des Obergeschosses erkennt man noch kleine Wappenschilder, welche die Farben und Heroldsbilder derjenigen Staaten tragen, mit denen Antwerpen vorzugsweise Handelsbeziehungen unterhält.

Die sämtlichen Arbeiten zur Wiederherstellung der Börse wurden im October 1868 für die runde Summe von 740000 ℳ vergeben. Die Leitung des Baues wurde Schadde übertragen, dessen liebenswürdigem Entgegenkommen der Unterzeichnete auch die Ueberlassung der Zeichnungen und einen grofsen Theil der hier niedergelegten Angaben verdankt. Die Ausführung, namentlich die der reichen Steinmetzarbeiten, mufs eine tadellose genannt werden; die Wirkung des grofsen Raumes, der in glücklichster Weise das Gepräge der flämisch-gothischen Schule trägt, ist eine geradezu überraschende. Zu den Gründungen und Hintermauerungen, etwa 836 cbm Mauermasse, wurden Ziegel gewählt, die in Belgien den Namen „Klampsteen“ oder „Papensteen“ führen, und welche in Bloom und Umgegend in der Provinz Antwerpen hergestellt werden. Zu den Hallensäulen, den durchgehenden wagerechten Gesimsen usw. wurde der dunkelblaue Stein von Ecaussines, südlich von Brüssel, im gewerbreichen Hennegau, verwendet, welcher den Namen „petit granit“ trägt. Für diese mit etwa 77000 ℳ in den Anschlag eingestellten Steinmetzarbeiten wurden drei verschiedene Einheitspreise bezahlt: die rohen, nur mit dem Spitzhammer

behauenen Unterlagssteine der Erdgeschofssäulen (47,26 cbm) stellten sich zu 104 ℳ, die geschliffenen wagerechten Gesimse, Treppenstufen usw. (140,32 cbm) zu 144 ℳ, die reichen, mit Bildhauerarbeiten gezierten Säulen (176,07 cbm) zu 296 ℳ für das Cubikmeter. Es wurde früher bemerkt, dafs die Säulen der alten Börse von 1531 aus mehreren Theilen zusammengesetzt waren und dafs die Schaftverzierungen bei jeder Säule zwei verschiedene Muster zeigten. Bei den unteren Umgängen behielt der Architekt dieselbe Ausbildung bei, liefs aber die Säulen aus einem Stück herstellen. Die Stützen des Obergeschosses, ebenfalls jede aus einem Stück gefertigt, erhielten durch eine zweifache Gürtelung dreitheilige Schäfte, die bei jeder Säule von den gleichen Mafswerksmustern überzogen sind. Zu den Kleeblattbögen, den Fenstereinfassungen, den Brüstungen und den übrigen Wandbekleidungen (rund 1005 qm) wurden harte gelbe Kalksteine der Liasformation, „Liais de Brouvilliers“ genannt, verwendet, welche bei Morlay, im französischen Maas-Departement gebrochen werden. Die Bearbeitung und der bildnerische Schmuck dieser Steine wurde jedoch von Antwerpener Meistern für die Summe von 112000 ℳ, das Material eingeschlossen, ausgeführt. Die Fufsböden der Umgänge wurden mit grauen und dunkelblauen Granitplatten belegt, die aus belgischen Brüchen herstammen, und zwar aus Grandglise im Hennegau an der Eisenbahn Ath-Blaton und von Samson in Namêches (Provinz Namur). Die Ausführung des eisernen Dachstuhls mit allen Verzierungen wurde von dem Ingenieur J. Paris-Isaac in Marchiennes-au-Pont, unweit von Charleroi, für die Summe von 188560 ℳ übernommen, das Zink zur Deckung der Dächer und zur Herstellung der Rinnen lieferte die Gesellschaft Vieille Montagne, deren sehr ergiebige Galmeigrube bei Moresnet, dem an Preufsen und Belgien gemeinschaftlich abgabepflichtigen neutralen Gebiet zwischen Aachen und Verviers, liegt.

Durch diesen stattlichen Neubau bereitete Meister Schadde dem Handel der Stadt Antwerpen, des ersten Seehafens des europäischen Festlandes, wiederum eine würdige Stätte, jenem Handel, an dem ja auch bekanntlich Deutschland in ganz hervorragendem Mafse betheiligt ist, namentlich seit der Vollendung der Gotthardbahn und seitdem Antwerpen als Anlaufhafen der grofsen, vom deutschen Reiche unterstützten Dampfer des „Norddeutschen Lloyd“ nach der Levante und nach Ostasien gewählt wurde.

C. Peiffhoven.

Die Stiftskirche St. Cyriaci in Gernrode.*)

(Mit Zeichnungen auf Blatt 27 bis 29 im Atlas).

Geschichtliches.

Die Gründung des Stifts und der Kirche der an den nordöstlichen Ausläufern des Unterharzes, etwa eine halbe Meile südlich vom alten, vielthürmigen Quedlinburg gelegenen kleinen Stadt Gernrode erfolgte durch den Markgrafen Gero, von welchem auch die Stadt den Namen führt. Geboren im Jahre 890 aus dem Geschlechte der Grafen von Stade, ward er von dem ersten Heinrich aus sächsischem Hause im Jahre 927 zum Markgrafen der Lausitz und im Jahre 939 vom Kaiser Otto I. zum Markgrafen und Herzog der Ostmark erhoben. Mit Glück führte er die Vertheidigung der Ostgrenze gegen die Wenden, welche er theils unterwarf, theils zurückdrängte. Im Kampfe des Jahres 959 fiel, nachdem ein anderer Sohn schon früher verstorben war, sein noch einziger Sohn Siegfried. Derselbe hinterliefs als Wittwe Hedwig, geboren im Jahre 939, Tochter des Grafen Wichmann d. Ae. und Nichte der Kaiserin Mathilde. Um dieser, welche nach dem Tode ihres Gemahls den Schleier genommen hatte, eine sichere Stätte zu bereiten, gründete Gero zu Gernrode ein Nonnenkloster. Hedwig wurde die erste Aebtissin, verblieb in dem Amte bis zu ihrem am 4. Juli im Jahre 1044 erfolgten Tode und wurde in der Stiftskirche beigesetzt. Höchst wahrscheinlich wollte Gero zugleich, nach damaliger Sitte der Grofsen, sich und den Seinen in dem Kloster, an geweihter Stätte, eine dauernde Ruhestätte sichern. Weiteren Anlafs zu der Stiftung gab vielleicht auch tiefe Reue über einen verabscheuungswürdigen Mord, welcher auf Geros Befehl an dreifsig wendischen Fürsten begangen worden war, indem er dieselben zu Verhandlungen zu sich lud, nach dem Erscheinen aber in heimtückischer Weise nach einem Mahle umbringen liefs.

Mit dem Bau des Klosters wurde im Jahre 960 begonnen, die Stiftungsurkunde und die kaiserliche Bestätigung der Frauenabtei sind jedoch erst im Jahre 961 ausgestellt worden. Auch von späteren Kaisern wurde die Bestätigung wiederholt und besonders noch dem Stift die Reichsunmittelbarkeit, sowie das Recht verliehen, sich nach eigenem Ermessen die Aebtissin und den Schirmvogt zu wählen. Um auch vom Papste Johann XII. eine Bestätigungsbulle zu erlangen, pilgerte Gero im Jahre 963 nach Rom, legte am Grabe des heiligen Petrus seine Waffen nieder und weihte sich selbst sowie all sein Gut dem Dienste Gottes. Zugleich mit der Bulle erhielt Gero als kostbare Reliquie einen Arm des heiligen Cyriacus, seines Schutzpatrons, und demselben weihte er, nach seiner Rückkehr nach Deutschland, alsdann auch die damals schon in der Ausführung begriffene Stiftskirche, nachdem dieselbe ursprünglich der Mutter Gottes und dem heiligen Petrus gewidmet war. Jedoch wurde, neben dem Hochaltar des heiligen Cyriacus, in der südlichen Nebenapside ein Altar des heiligen Petrus und in der nördlichen ein solcher der heiligen Jungfrau errichtet. Es ist zu vermuthen, dafs damals etwa die Krypta, der Ostchor und das Kreuzschiff unter Dach gebracht waren. Durch eine neue Stiftungsurkunde vom Jahre 964 wurde von Gero die Schenkung des ganzen Eigenthums dem Stifte nochmals bestätigt. Auch

*) Benutzte Quellen:
O. von Heinemann, Schriften über Albrecht den Bären und die Kirche in Gernrode.
Schnaase, Geschichte der bildenden Künste im Mittelalter.
Beckmann, Historie des Fürstenthums Anhalt.
Puttrich, Denkmale der Baukunst des Mittelalters.
Urkundliches der Klöster Anhalts, von Pastor Th. Stenzel in Lausigk.

wurde das letztere gegen einen jährlichen Zins von einem Pfund Silber, welchen Gero dem römischen Stuhle auf dreifsig Jahre voraus bezahlte, zu einer derjenigen Abteien, welche unmittelbar unter der Aufsicht der Päpste standen. Gleichzeitig wurde das schon früher von Gero angelegte Mönchskloster zu Frose in ein Frauenstift verwandelt und mit Gernrode derart verbunden, dafs beide Klöster von nun an der jedesmaligen Aebtissin von Gernrode unterstellt sein sollten. Kurz darnach, am 20. Mai im Jahre 965, starb der alte Markgraf und wurde seinem Wunsche gemäfs in der Kirche bestattet. Ganz vollendet wird der Bau derselben damals kaum gewesen sein, vielleicht war das Langhaus inzwischen hergestellt worden. Wann die Kirche vollendet wurde, ist überhaupt nicht mehr zu ermitteln, eine Urkunde hierüber ist nicht aufgefunden worden. Aus der ersten Bauzeit, etwa vom Jahre 963 bis 990 sind aber jedenfalls die östliche Krypta mit Choraufbau, das Quer- und Langhaus sowie der westliche Abschlufs mit Vorhalle und beiden Thürmen hervorgegangen. Mit dem Markgrafen Thietmar II. starb Gero's Geschlecht im Jahre 1034 aus und die Schutzvogtei von Gernrode ging auf die Askanier über, welche dieselbe von nun ab als Lehen des deutschen Reichs besafsen. Der erste, von welchem dies urkundlich feststeht, war der Markgraf Albrecht der Bär, gestorben am 18. November im Jahre 1170, der grofse Ahnherr des noch heute regierenden Anhaltischen Fürstenhauses, welches das Amt der Schutzvögte von jener Zeit bis zur Aufhebung des Klosters verwaltet hat.

Unter der am 30. März des Jahres 1118 erwählten Aebtissin Hedwig III. scheinen mancherlei Um- und Neubauten zur Ausführung gebracht worden zu sein. Im Jahre 1136 stiftete sie zu Ehren des heiligen Johannes und anderer Heiligen eine Capelle und verband damit ein Armenhaus. Bischof Rudolph von Halberstadt vollzog am 8. October 1136 die Einweihung dieser Capelle. Auch fällt etwa in diese Zeit der völlige Umbau der Kirche selbst. Die ursprüngliche, mit den Emporen der Seitenschiffe verbundene westliche Empore wurde abgebrochen, daselbst zwischen den Thürmen eine Apsis angelegt und eine weitere Krypta erbaut. Diese Anlage wurde dem heiligen Metronus geweiht. Höchstwahrscheinlich ist auch erst bei diesem Umbau das zwischen den Thürmen sich erhebende Glockenhaus nebst der entsprechenden Erhöhung der ersteren zur Ausführung gebracht. Ferner wurden in den beiden Kreuzflügeln Emporen mit darunter befindlichen Capellen und ebenso eine Capelle im südlichen Seitenschiff eingebaut. Einer noch späteren Zeit, worüber übrigens Näheres nicht bekannt ist, entstammt die an die Kirche grenzende Nordseite des zweistöckigen Kreuzgangs der Klosteranlage. Von da ab blieb die Kirche bis etwa zum 16. Jahrhundert von Umbauten verschont, obwohl sie mit der Abtei wechselvolle Schicksale genug durchzumachen hatte.

Im Jahre 1521 war es, dafs die damalige Aebtissin Elisabeth als die erste der reichsunmittelbaren Aebtissinnen, öffentlich zur lutherischen Lehre übertrat, nachdem sie sich im selben Jahre am 25. Februar durch einen besonderen Abgesandten auf dem Reichstage in Worms die Privilegien des Stifts vom Kaiser Karl V. von neuem hatte bestätigen lassen. Mit bewundernswerther Entschlossenheit führte sie die Reformation im Stifte durch und legte Schulen, sowie ein evangelisches Krankenhaus an. Das heruntergekommene Stift hob sich unter ihrer Verwaltung nach und nach wieder zu Wohlhabenheit, sodafs auch das zerfallene Grabmal Gero's im Jahre 1519 durch ein neues ersetzt werden konnte, welches noch heute besteht. Elisabeth verstand es, als im Jahre 1525 der grofse Bauernaufstand ausbrach, die Aufrührer zum Gehorsam zurückzuführen, und es entging so das Kloster der Zerstörung. Am 11. April im Jahre 1532 starb Elisabeth und wurde im nördlichen Seitenschiff am Mittelpfeiler bestattet. Der Grabstein ist noch vorhanden. Nach dem westfälischen Frieden im Jahre 1648 fiel die Abtei dem Hause Anhalt förmlich anheim. Hiernach beginnt die Zeit der Verunstaltungen für die Kirche. Das Innere ward durch Betstübchen und Holzemporen vollständig verbaut, die oberen Bogenstellungen zwischen Haupt- und Seitenschiff sowie auch das nördliche Kreuzschiff wurden vermauert. Die kleine Apside daselbst ward abgebrochen, die Bemalung der Wände übertüncht. In unserem Jahrhunderte richtete man die Krypta zum Kartoffelkeller, den Rest der beinahe ganz verfallenen Kreuzgänge zu Schweineställen, den Dachraum über der südlichen Empore zum Strohboden ein. Die bis zu den dreifsiger Jahren vorhandenen Grabsteine wurden zumeist zerschlagen und zur Erneuerung der zum hohen Chor führenden Stufen verwendet. Während die Klostergebäude verfielen und abgebrochen wurden, blieb die Kirche selbst jedoch, trotz aller verständnifslosen Ein- und Umbauten in ihren Hauptheilen unberührt. Im Jahre 1858 endlich wendete das Anhaltische Fürstenhaus, eingedenk seiner alten Schutz- und Schirmherrschaft dem alten Bauwerke erneute Fürsorge zu und beschlofs die würdige Wiederherstellung der Anlage, welche so noch zu rechter Zeit vor gänzlichem Verfall gerettet worden ist. Schon im folgenden Jahre, unter der Regierung des letzten Herzogs von Anhalt-Bernburg, Alexander Karl und dessen Gemahlin-Mitregentin, Herzogin Friederike geb. Prinzessin von Holstein-Glücksburg, wurde mit den Arbeiten begonnen. Die erforderlichen Gelder wurden bewilligt, nachdem der Conservator der Denkmäler in Preufsen, v. Quast, die Pläne zur Wiederherstellung geliefert hatte. Das ehemalige Klostergut ward wieder angekauft und somit ermöglicht, die Kirche selbst durch Niederlegung der zum gröfsten Theil ganz baufälligen Anbauten frei zu stellen. Unter besonderer Leitung des damaligen Baumeisters Hummel, jetzigen Bauraths in Zerbst, schritten die Bauarbeiten rüstig vorwärts und wurden in dem Sinne betrieben, dafs die Kirche nach dem Vorbilde der im 12. Jahrhundert umgebauten Anlage wiederhergestellt werden sollte. Im Jahre 1863 starb Herzog Alexander Karl, aber auch noch nach dem damit erfolgten Anheimfallen Bernburgs an Dessau wurden unter Herzog Friedrich Leopold die Arbeiten weiter gefördert. Dieser erlebte die Fertigstellung nicht, erst unter der Regierung seines Sohnes Friedrich ward die Wiederherstellung der Kirche mit Vollendung der Wandmalereien in der westlichen Apsis zum Abschlufs gebracht und die weitere Erhaltung des Baudenkmals nunmehr auf Staatskosten übernommen.

Gesamtanordnung der Kirche.

Die Kirche ist eine langgestreckte Basilika und bestand ursprünglich aus einem dreischiffigen Langhaus nebst Vorhalle und Emporenanlagen, einem Kreuzschiff mit zwei kleinen Apsiden, einem Altarhaus mit gröfserer Apsis, sowie zwei runden Thürmen an der Westseite der Nebenschiffe. Mit Ausnahme der gewölbten Apsiden und der unter dem Altarhause befindlichen Krypta haben sämtliche übrigen Räumlichkeiten gerade Holz-

decken. Ueber dem Mittel- und Kreuzschiffe sind Satteldächer von gleicher Firsthöhe, über den Nebenschiffen an das höhere Hauptschiff sich anlehnende Pultdächer und schliefslich über den Apsiden und runden Thürmen halbe, bezw. ganze kegelförmige Dächer errichtet.

Es würde zu weit führen, hier den regelmäfsigen, streng einer Art Zahlengesetz folgenden Plan darzulegen, welcher gewissermafsen als das Gedankenbild der Aufrifs- und Grundrifsanordnung unserer Kirche zu Grunde liegt und die Abmessungen der einzelnen Haupttheile derselben aus dem Grundquadrate der Vierung ableitet. Dafs er den Erbauern vorgeschwebt hat, darf wohl behauptet werden, wenn auch das Bauwerk Abweichungen und Unregelmäfsigkeiten aufweist, wie sie bei der Uebertragung in die Wirklichkeit sich einstellten und wie sie sich bei späteren Bauten mit der weiter fortschreitenden Entwicklung in den verschiedenen Jahrhunderten mehr oder weniger ausbildeten. Der Grundrifs ist nicht durch Wiederholung voller Quadrate abgeleitet, deren Abmessungen genau gleich der ganzen oder halben Seite der Vierungsfläche sind. Vielmehr ist, abgesehen von der bei vielen alten Bauwerken zu beobachtenden, nicht genau rechtwinkligen Anlage, im Mittelschiffe die Aneinanderreihung zweier Quadrate an den betreffenden Stellen durch Pfeiler nur angedeutet, während im übrigen Säulen zum Tragen der hohen Wände zwischen Mittel- und Seitenschiffen angeordnet sind. Die Seitenabmessungen der beiden Vierecke sind in der Richtung der Hauptachse kürzer als die anderen, der Breite des Mittelschiffes entsprechenden. Aehnliches gilt von den Seitenschiffen und der Vorhalle. Die zu beiden Seiten der Vierung angelegten Kreuzflügel haben gleichfalls keine quadratische Grundform, welche erst bei späteren Bauten vorkommt, sondern treten gegen die Seitenschiffe nur um die Mauerstärke hervor. Dieser geringe Vorsprung erinnert noch ganz an die Kreuzschiffbildung

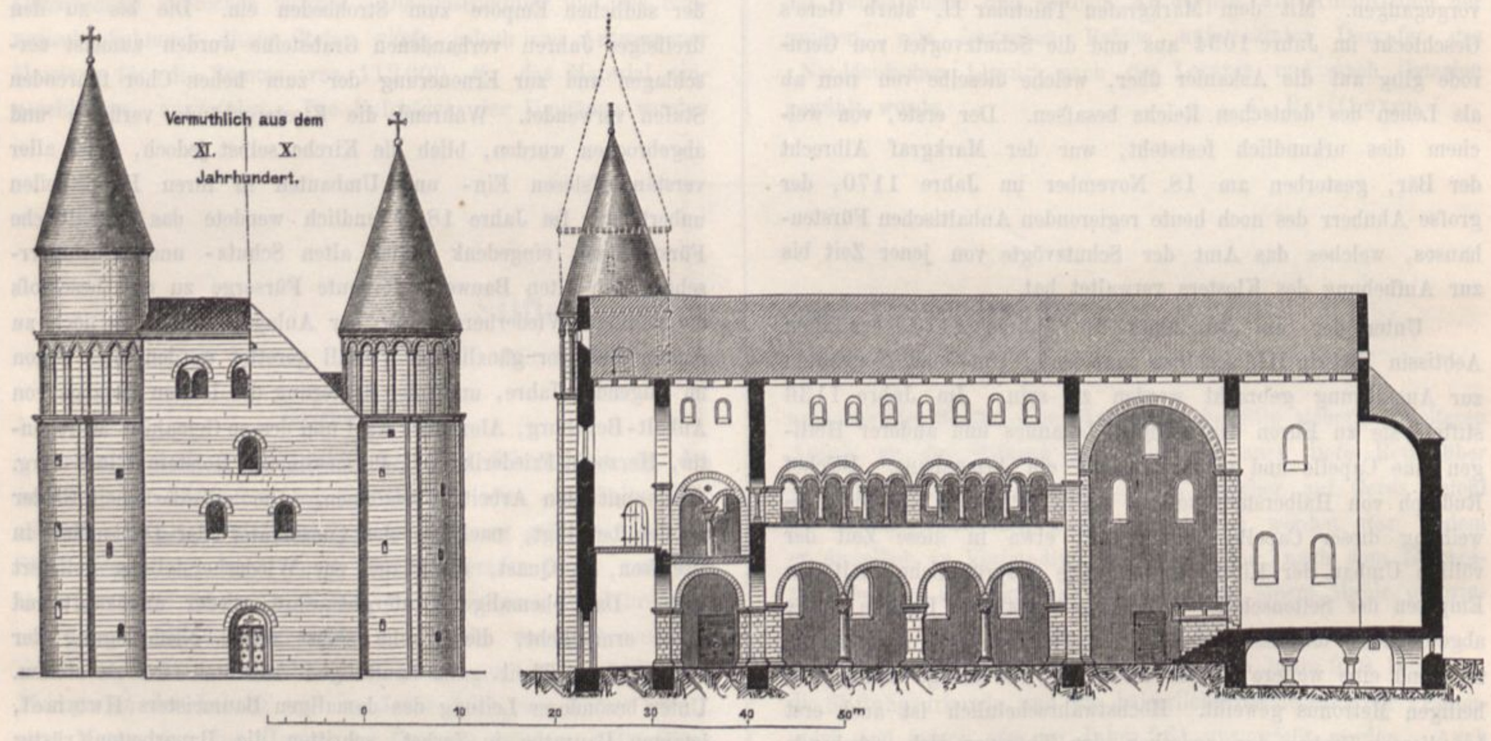


Abb. 1. Westansicht.

Abb. 2. Längenschnitt.

der altchristlichen Basiliken, welche hier noch mit einer gewissen Aengstlichkeit möglichst beibehalten wurde. Das Kreuzschiff bildet jedoch nicht mehr, wie dort, einen einzigen ungetheilten Querraum, vielmehr ist das mittlere Quadrat von vier Pfeilervorlagen und Gurtbögen begrenzt.

Die Seitenschiffe der Kirche sind durch Einlegen von Balkendecken mit Emporen versehen, welche einerseits durch Oeffnungen in den äufseren Umfassungswänden Licht empfangen, andererseits durch solche in den hohen Wänden zwischen Haupt- und Nebenschiffen nach ersterem geöffnet sind.

Der von beiden Thürmen begrenzte westliche Abschlufs des Langhauses, die den Haupteingang und eine Empore enthaltende Vorhalle, war allem Anschein nach ursprünglich in folgender Weise angelegt: Der Emporenfufsboden war aus zwei Absätzen gebildet, von denen der nach dem Mittelschiff belegene in gleicher Höhe mit dem Fufsboden der Seitenschiff-Emporen umlief, sodafs also ein unbehinderter Umgang auf der Gesamtemporenanlage stattfinden konnte. Der andere lag um einige Stufen höher. Zu dieser Annahme giebt die Höhenlage der noch vorhandenen, jetzt zugemauerten Thüren Anlafs, welche von der Empore nach den Thürmen führen. Um den erwähnten Absatz in der Unteransicht zu verdecken, war zwischen diesen beiden Theilen, ebenso wie beim Abschlufs der Vorhalle gegen das Mittelschiff, ein zweibogiger Unterbau errichtet, welcher sich im Emporenraum in einen einfachen Gurtbogen auf Pfeilervorlagen auflöste. Die östliche Wandung der Empore selbst, sowie auch die Fensteranlagen im Westen waren etwa in gleicher Weise wie bei den Seitenschiffen hergestellt. Zur Abdeckung der Empore war die Mittelschiff-Balkenlage mit Satteldach bis zur westlichen Aufsenwand durchgeführt, es mögen hier im Dachraum die Glocken, wenn solche in den ersten Zeiten überhaupt vorhanden waren, aufgehängt gewesen sein. Ueber das Hauptgesims des Mittelschiffs erheben sich mit einem freien Stockwerk die beiden Treppenthürme. Von ihnen gelangte man vermittelst kleiner Gänge mit Satteldeckungen zum Dachraum über dem Mittelschiff.

Die obere Stockwerkshöhe der Thürme ist etwa gleich zwei Drittel des Durchmessers, die Höhe des Dachhelms gleich zwei Durchmessern oder einer Seite des Grundquadrats. Zur Erleuchtung waren in den Thurmumfassungen einfache Schlitze angebracht. Der östliche Abschluſs der Kirche, das Altarhaus, hat einen gegen die Vierung erhöhten Fuſsboden erhalten, unter welchem die durch Fenster in den Auſsenwänden erleuchtete Krypta angelegt ist. Zu beiden Seiten der von der Vierung nach dem Altarhause führenden Treppe sind Ambonen, von ersterer zugänglich, errichtet.

Umbauten in romanischer Zeit.

Nach den oben mitgetheilten geschichtlichen Nachrichten ist die gegen Ende des 10. Jahrhunderts vollendete ursprüngliche Kirchenanlage erst zu Anfang des 12. Jahrhunderts durch einen Umbau, welcher auch demnächst für die Wiederherstellung maſsgebend blieb, wesentlich verändert worden (siehe Blatt 27 und 28 im Atlas). Der Eingang zur Vorhalle und die nach dem Mittelschiff vortretende Empore zwischen beiden Thürmen wurden damals mit allem Zubehör abgebrochen und eine Apsis mit Fensteröffnungen nach Westen angebaut. Gleichzeitig wurde hier der Fuſsboden tiefer gelegt und eine Krypta eingewölbt. Die sich über letzterer erhebende und vom nördlichen Thurme zugängliche neue Empore hat etwa gleiche Fuſsbodenhöhe mit dem Altarhaus und der Apsis in Osten erhalten. Zwischen beiden Thürmen und über dem östlichen Theile der Empore ist ein zweistöckiges Glockenhaus aufgebaut worden, wobei die Thürme eine entsprechende Erhöhung erhalten haben. Ferner sind zu jener Zeit zur Herstellung von Capellen in den beiden Kreuzflügeln neben der Vierung, jedoch ohne Tieferlegung des Fuſsbodens, ähnliche, auf je zwei Pfeilern und vier Säulen ruhende Gewölbeabdeckungen errichtet worden. Die Fuſsböden der hierüber befindlichen Emporen liegen gleich hoch, aber um einige Stufen höher als der Fuſsboden des Altarhauses. Die nördliche dieser beiden Emporen ist offenbar früher von einem sich anlehnenden Klostergebäude oder durch eine hohe Freitreppe unmittelbar von auſsen zugänglich gewesen, denn kaum anders sind die daselbst in der nördlichen Wand befindlichen beiden zweibogigen Oeffnungen zu erklären. Die südliche Empore war, wie auch die Capelle darunter, mit dem nördlichen, vormals zum Kloster gehörigen und noch bestehenden Kreuzgange durch Thüren verbunden. Aus dieser Zeit mag auch der merkwürdige Einbau im südlichen Seitenschiffe, die kleine Buſscapelle mit ihrem Vorraume, herrühren, welche sich daselbst an den Kreuzflügel anlehnt und ähnlich in keiner anderen Kirche wiedergefunden wird.

Abb. 4. Oberer Grundriſs.

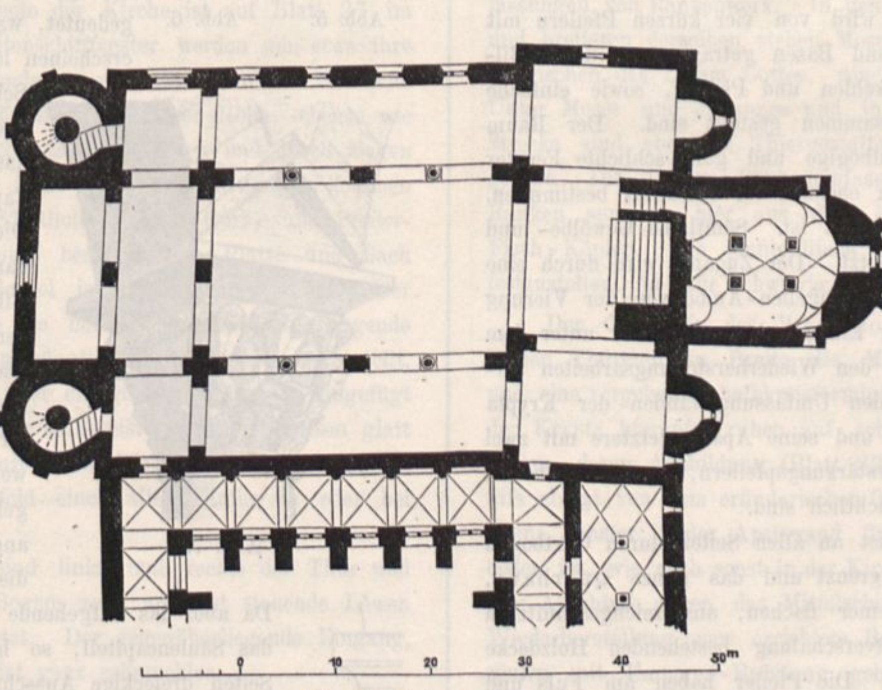


Abb. 3. Unterer Grundriſs.
Ursprüngliche Anlage.

Wenn man nun einerseits der gedachten Ueberlieferung, daſs dieser ganze Umbau im Anfange des 12. Jahrhunderts zur Ausführung gelangt sei, wird Glauben schenken müssen — und nach dem bekannten Eckblatt der Säulenbasen kann dies für die Theile, wo dasselbe vorkommt, als sicher angenommen werden — so spricht andererseits ein Umstand dafür, daſs im Aufbau des Glockenhauses und wahrscheinlich auch in dem der Thürme früher schon ein Umbau stattgefunden hat. Die Auſsenseite der Thürme nämlich ist in der Weise ausgebildet, daſs der Unterbau schlichte Verstärkungspfeiler zeigt, während das von einfachen Gesimsen begrenzte, darüber befindliche Stockwerk durch eine gröſsere Zahl schwacher Wandpfeiler leichter gegliedert wird. Hierüber konnte sich nach dem ersten Entwurfe nur noch das Dach erheben, oder allenfalls ein noch leichter gegliedertes Stockwerk. Daſs letzteres bei der ursprünglichen Anlage vom 10. Jahrhundert nicht in Aussicht genommen war, läſst sich daraus schliessen, daſs die eingebaute Steintreppe nur bis zu dem oberen Gesims des an der Auſsenseite mit Wandpfeilern versehenen Stockwerks aufgeführt worden ist. Bei der gegenwärtigen Ausführung erkennt man nun (Abb. 2) im Innern des obersten Raumes vom Glockenhause, und zwar in der Südseite des nördlichen Thurmes, Spuren

von der Vermauerung einer alten Fensteröffnung. Dieses Fenster hat für die gegenwärtige Anlage keinen ersichtlichen Zweck, man kann aber aus seinem Vorhandensein schliefsen, dafs bei Herstellung desselben das oberste Stockwerk des Glockenhauses noch nicht bestanden hat. Es mufs also, wie oben bemerkt, vor dem im 12. Jahrhundert bewirkten Umbau schon einmal ein solcher stattgefunden haben. Als Zeitpunkt hierfür kann nur allgemein das 11. Jahrhundert, als zwischen den Zeiten des Neubaues und des uns bekannt gewordenen Umbaues, angenommen werden. Wie dieser frühere Umbau sich gestaltet haben mag, darüber lassen sich nur Vermuthungen aussprechen. Wahrscheinlich war aber der damals somit nur einstöckig angelegte Glockenhausaufbau über der Empore mit drei zweibogigen Fenstern versehen (Abb. 1), wie sich auch die gegenwärtige Anlage im oberen Stockwerk zeigt. Und möglicher Weise war auch über dem mit Wandpfeilern besetzten Thurmgeschosse nur noch ein solches errichtet, welches unmittelbar das Kegeldach trug. Mag dem nun sein, wie ihm wolle, jedenfalls erscheint die gegenwärtige Anlage durch das zweigeschossige Glockenhaus etwas gedrückt und man hätte vielleicht besser gethan, dasselbe bei der Wiederherstellung des Bauwerks nur eingeschossig auszuführen.

Beschreibung der einzelnen Bautheile der jetzigen Kirche.

Als ältester Theil unserer Bauanlage ist wohl unstreitig die unter dem Ostchor befindliche Krypta anzusehen, da man mit dem Bau der Kirche im Osten zu beginnen pflegte. Auch bestätigen die einfachen und derben Formen dieses Bautheiles eine solche Annahme. Das nach theils sich durchdringenden, theils einfachen Cylinderflächen gebildete Kreuz- oder Tonnengewölbe tritt ohne Gesimsvermittlung unmittelbar aus den Umfassungswänden hervor und wird von vier kurzen Pfeilern mit weitausladenden Gesimsen und Basen getragen, zu deren Bildung flachgeschweifte Hohlkehlen und Platten, sowie einfache und gekehlte Riemchen zusammen gestellt sind. Der Raum wird durch drei kleine rundbogige und ganz schlichte Fenster erleuchtet, deren eins in der ehemals für den Altar bestimmten, rechtwinkligen Nische angebracht ist. Sämtliche Gewölbe- und Wandflächen sind glatt geputzt. Der Zugang wird durch eine schmale Treppe unter dem Evangelien-Ambo von der Vierung her vermittelt. Ein zweiter Eingang bestand früher unter dem Epistel-Ambo, er ist bei den Wiederherstellungsarbeiten vermauert geblieben. Auf den Umfassungswänden der Krypta erheben sich das Altarhaus und seine Apsis, letztere mit zwei nach aufsen vorgelegten Verstärkungspfeilern, deren Einzelheiten aus Blatt 29 im Atlas ersichtlich sind.

Das Vierungsquadrat ist an allen Seiten durch Gurtbogen auf vorgelegten Pfeilern begrenzt und das ganze Querhaus, wie das Altarhaus, mit einer flachen, aus reichgeschnitzten Eichenholzbalken und Brettverschalung bestehenden Holzdecke in gleicher Höhe überbaut. Die Pfeiler haben am Fufs und Kämpfer einfache, aus Platten, Kehlen und Riemchen gebildete Gesimse. Dagegen sind die Säulen, Pfeiler und Kragsteine, welche die Kreuzgewölbe der unter den Emporen befindlichen Capellen tragen, wie Blatt 29 im Atlas zeigt, in mannigfachster Weise ausgebildet. Bei den Säulen erkennt man überall die attische Basis mit dem die Zeit des Umbaues kennzeichnenden Eckblatte. Auf die verjüngten Schafte sind meist Würfelcapitelle gesetzt, theils mit, theils ohne Blattwerk, auf welche sich die Platte legt. Ein Capitell nur weicht hiervon durch unverjüngten Schaft und eine einem Krystallschnitt ähnliche Ausbildung ab. Die Pfeilergesimse haben Kehlen und Platten, bei den Kragsteinen kommt noch der Rundstab hinzu; vielfach wird durch Einfügen von Riemchen eine reichere Wirkung erzielt. Als Abschlufs nach der Vierung haben die Emporen der Kreuzarme bei der Wiederherstellung neue Brüstungen erhalten, deren Aufsenflächen durch Füllungen mit zwischenstehenden Säulchen geziert sind. Eine ähnliche Ausbildung zeigen die gleichfalls erneuerten Ambonen. In der Mitte der Vierung, vor der aus alten Grabsteinen gefertigten Treppe des Altarhauses, ist das Grabmal Gero's aufgestellt, welches nach der Inschrift im Jahre 1519 gefertigt wurde. Seine vier Seiten werden durch Ecksäulchen und Relief-Figuren verschiedener Heiligen geziert. Auf der Deckplatte ruht, in hohem Relief gearbeitet, die Gestalt Gero's in eiserner Rüstung, in der Rechten das Schwert, in der Linken die Fahne. Die Füfse stützen sich gegen einen schildhaltenden Löwen. Man erkennt alsbald, dafs man nicht eine Erneuerung des alten Grabmals vor sich hat, sondern ein ganz selbständig ausgeführtes Werk aus dem Anfange des 16. Jahrhunderts.

Das Mittelschiff besteht aus dem ursprünglich hierfür entworfenen Theile und einem kürzeren, welcher durch den mehrfach besprochenen Umbau als Verlängerung zu ersterem hinzutritt. Die Säulen unter den hohen Wänden des ersten Theils zeigen manche Eigenthümlichkeit. Die verjüngten Schafte stehen auf steil gegliedertem Fufs (Abb. 5 und 6), welchem die attische Basis ohne Eckblatt zu Grunde liegt. Der Rundstab ist indessen theilweise nur durch Abschrägen der Kanten einer Platte angedeutet, was die Formen noch schwer erscheinen läfst. Auch sind die unteren Schrägen flach ausgekehlt. Die gleiche Ausbildung hat das Rundstäbchen unter dem Capitellkelch erhalten (Abb. 7). Die Kelchbildung erinnert noch ganz an die trapezförmige Bildung der Seitenflächen in der byzantinischen Baukunst. Die Flächen sind hier verziert mit langgestielten Blättern und menschlichen Köpfen, welche der straffen, nur wenig gekrümmten Form des Kelchs angepafst sind. Darüber kragt die abgeschrägte Platte aus. Da aber das aufgehende Mauerwerk stärker ist, als das Säulencapitell, so hat ersteres an allen vier Seiten dreieckige Ausschnitte erhalten, deren Tiefe nach seinem Vortreten über das Capitell bemessen ist. Die zwischen den Säulen stehenden Pfeiler (Abbildung 8) sind ausgeeckt und haben Basen und Kämpfergesimse, wie solche bei den Pfeilervorlagen der Vierung bereits erwähnt sind. Aehnliches gilt auch von den Gesimsen der Pfeilervorlagen im Langhaus, der Pfeiler an den Bogenstellungen der Emporen in den Seitenschiffen und von dem Brüstungsgesims der Emporen. Die Säulen der Bogenstellungen dieser Emporen

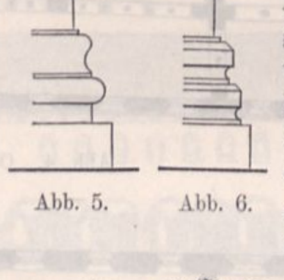


Abb. 5. Abb. 6.

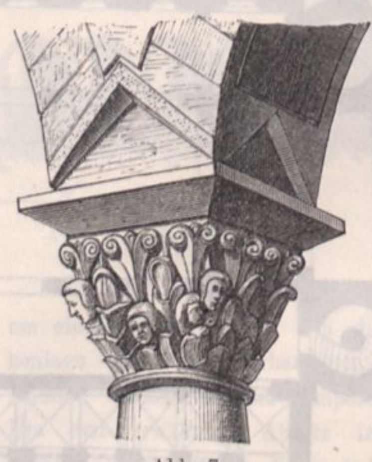


Abb. 7.

Abb. 8.

haben ebenfalls steile attische Basen ohne Eckblatt und die sonst einfachen Capitelle laden nach zwei Seiten, der Wandstärke entsprechend, aus. Die Schafte sind abwechselnd von weichem Sandstein und hartem Kalkstein gearbeitet, was wohl der Ueberlegung zuzuschreiben ist, dafs die durch einen höheren Bogen nochmals gekuppelten Säulen das aufgehende Mauerwerk allein zu tragen haben.

Der zweite, kürzere Theil des Mittelschiffs öffnet sich an jeder Seitenwand mit einem Rundbogen, worüber in Höhe des Fufsbodens der Seitenschiff-Emporen eine zweibogige Oeffnung mit Säule angelegt ist. Diese diente als Zugang von der ursprünglichen westlichen Empore nach denen der Seitenschiffe. Zur Sicherung des Verkehrs auf letzteren ist vor der Oeffnung jetzt ein eisernes Geländer angebracht. Die Säulen hierselbst sind ganz nach Art der im Mittelschiff stehenden ausgebildet. Dasselbe gilt von den Säulen in denjenigen Durchgangsöffnungen der Seitenschiffemporen, welche in der Fortsetzung der östlichen Wand der abgebrochenen westlichen Empore liegen. Der im nördlichen Seitenschiff und unter der Empore liegende Raum ist mit der Capelle im anliegenden Kreuzarm durch eine Durchgangsöffnung verbunden. Dagegen besteht zwischen den Emporen dieser beiden Gebäudetheile wegen des erheblichen Höhenunterschiedes der Fufsböden eine Verbindung nicht, man kann aber durch eine zweibogige Oeffnung, ganz ähnlich der vorbeschriebenen, von der höheren Empore des Seitenschiffs nach der im Kreuzarm belegenen herabblicken. Die Säule in dieser Oeffnung hat ein auffallend schweres Würfelcapitell. Auf der Südseite ist die untere Verbindung zwischen Seitenschiff und Kreuzschiff wegen des besonderen Einbaues in ersterem in Wegfall gekommen.

Die südliche Aufsenseite der Kirche ist auf Blatt 27 im Atlas abgebildet. Die Seitenschifffenster werden um etwa ihre halbe Höhe vom Kreuzgangdache verdeckt. Auf der Nordseite dagegen sieht man diese Fenster in ganzer Höhe, ebenso wie die über einem Gesims schwach vortretenden und durch Bogen verbundenen Wandpfeiler. Auch die Seitenschiffsfenster kommen hier zu voller Geltung. Sämtliche Dach-, Gurt- und Pfeilergesimse an den Aufsenseiten bestehen aus Platte und flach gekehlter Schräge. Der Sockel ist einfach abgeschrägt. Der neben der westlichen Ecke des nördlichen Seitenschiffs liegende Eingang ist in seiner ursprünglichen Form wiederhergestellt. Unter dem Rundbogen ist aber ein gerader Thürsturz eingefügt und das sich hierbei bildende halbkreisförmige Feld aufsen glatt gelassen, innen dagegen mit einem Werkstücke zugesetzt, welches von dem Thürbogenfeld einer alten Kirche in oder bei Grofsalsleben herrührt.

An der Aussenseite sind links und rechts der Thür und etwa in Scheitelhöhe des Bogens zwei aufrecht stehende Löwen in kleinen Nischen eingesetzt. Der gegenüberliegende Eingang, im südlichen Seitenschiff, ist ganz schmucklos.

Als der bei weitem merkwürdigste Bestandtheil des Langhauses ist schliefslich noch die eingebaute Bufscapelle, auch Capelle des heiligen Grabes genannt, zu erwähnen. Durch eine enge Thür mit geradem Sturz gelangt man vom Mittelschiff aus zunächst in einen kleinen Vorraum, ehemals dem heiligen Aegidius als Capelle geweiht. Der ganz schmucklose Raum war früher gewölbt und erhält nothdürftig Licht durch ein kleines Fenster vom Kreuzgange her. Eine weitere kleine, überwölbte und mit zwei Ecksäulchen verzierte Thür läfst uns zur Capelle eintreten. Auch dieser Raum war ehemals gewölbt und wird gleichfalls durch ein Fenster vom Kreuzgange her beleuchtet. Die Wandflächen enthalten Nischen, welche durch vortretende Halbsäulen, mit Rundbogen darüber, begrenzt sind. In der Nische der nördlichen Wand erkennt man aus verstümmelten Relieffiguren die Darstellung des heiligen Grabes, während vor der westlichen Nische das Standbild eines Mannes aufgestellt ist, welcher jetzt der Kopf fehlt. Nach der Kleidung und den Stäben in der Hand zu schliefsen, kann man die Figur für einen Bischof halten. An verschiedenen Stellen der Wandflächen erkennt man Spuren alter Malerei. Die im Langhause freistehende nördliche und westliche Wand des Einbaues sind an den Aufsenflächen sehr reich und mit den mannigfachsten Reliefs verziert, welche wohl zu den ältesten Bildwerken dieser Art gehören. Die nördliche Wand zeigt links neben dem Eingange zur Capelle des heiligen Aegidius eine Einfassung von Rankenwerk, welches aus dem Munde von menschlichen Köpfen herauswächst. Dazwischen bewegen sich Thiergestalten. Mitten in dem umrankten Felde sind zwei von Osten nach Westen schreitende weibliche Figuren mit Heiligenschein dargestellt, jetzt leider gröfstentheils abgeschlagen. Rechts vom Eingange ist die Mauerfläche durch eine Art Rahmen in verschiedene Felder getheilt. In den oberen sind Christus, Maria und eine unbekannte weibliche Figur abgebildet, in einem unteren Felde sieht man zwei geradlinige Verzierungen. Das Mittelfeld der westlichen Wand, durch einen Rundstab eingefafst, besteht aus drei durch Pfeiler geschiedenen Theilen. Der mittlere enthält eine betende weibliche Gestalt in langem Gewande. Zu beiden Seiten stehen in halbrunden Nischen Säulen mit attischer Basis und korinthisirendem Capitell. Hierum ziehen sich zwei Einfassungen von Rankenwerk. In den oberen Ecken der mittleren und breiteren derselben stehen Moses und Johannes der Täufer, dazwischen das Lamm Gottes, von Adler und Löwe begleitet. Unter Moses und Johannes und in der unteren, wagerechten Strecke sind ebenfalls Thiergestalten in das Rankenwerk eingefügt. Die äufsere Rankeneinfassung ist schmaler und die Ranken sprossen hier aus dem Munde von Menschen- und Fisch-Köpfen. Die sinnbildliche Bedeutung dieser Bildwerke festzustellen, ist sehr schwierig.

Der Grundrifs des **Westchors** umfafst den zwischen beiden Thürmen in Breite des Mittelschiffs belegenen Raum und eine vorgebaute, halbkreisförmige Apsis. Die Kreuzgewölbe der Krypta hierunter ruhen auf acht freien und zwei Wandsäulen, deren Ausbildung (Blatt 29 im Atlas) wiederum Zeugnifs ablegt von dem erfinderischen Geiste des Baumeisters. Drei kleine Fenster in der Apsiswand führen Licht zu. Der Fufsboden ist, wie auch sonst in der Kirche, mit Steinplatten belegt. Der Abschlufs gegen das Mittelschiff wird durch eine bei der Wiederherstellung neu errichtete Bogenstellung auf Zwillingssäulen mit Emporen-Brüstung gebildet. Blatt 29 im Atlas enthält oben die Abbildungen der mannigfach gestalteten Capitelle der Brüstungssäulchen.

Auf der Empore ist die zweitheilige Orgel aufgestellt. Unter dem Dachgesims der Apsis läuft eine Zwerggalerie herum, deren zierliche, durch Bögen verbundene Säulchen auf einem Gesims stehen. Das Glockenhaus enthält in seinem unteren, durch einfache Rundfenster erhellten Raume die Uhr, im oberen Geschosse die Glocken, deren Schall durch drei westliche und zwei östliche, zweibogige Oeffnungen ins Freie dringt.

Es erübrigt, bevor wir uns von der Beschreibung des Kircheninneren abwenden, noch wenige Worte über die Ausstattungsstücke desselben zu sagen.

Der bei der Wiederherstellung der Kirche neu errichtete Altar steht auf einem einstufigen Unterbau, hat an den vier Seiten hervortretende Pfeiler mit mehrfach gegliederten Sockeln und zeigt in der Verbindung derselben die bei dem nördlichen Thurmaufbau in Anwendung gekommene, eigenthümliche und offenbar der Holzconstruction nachgebildete Dreiecksabdeckung, statt der sonst üblichen Rundbogen. Die Gliederung des Sockels besteht aus Schrägen und Rundstab, die Pfeiler haben Knäufe, welche korinthischen Capitellen ähneln. Ihre Flächen sind, wie die Hohlkehle der Dreieckabdeckungen und der Altarplatte, und wie auch die zwischen den Dreiecken sich bildenden Flächen, mit Verzierungen geschmückt. Der an den nordwestlichen Vierungspfeiler sich anlehnenden, gleichfalls bei der Wiederherstellung neu errichteten Kanzel hat offenbar die der Kirche zu Wechselburg als Vorbild gedient. Sie ist zwar sehr sorgfältig ausgeführt, dürfte aber besonders wegen der sehr modernisirt erscheinenden Gestalt Christi kaum viel Beifall finden. Der vor der Westkrypta aufgestellte alte Taufstein ist von achteckiger, prismatischer Form. Sockel und Bekrönungsgesims haben schönes Blattwerk, die Seitenflächen Figurenschmuck. Der Stein hat, bevor er wieder zu Ehren gebracht wurde, lange

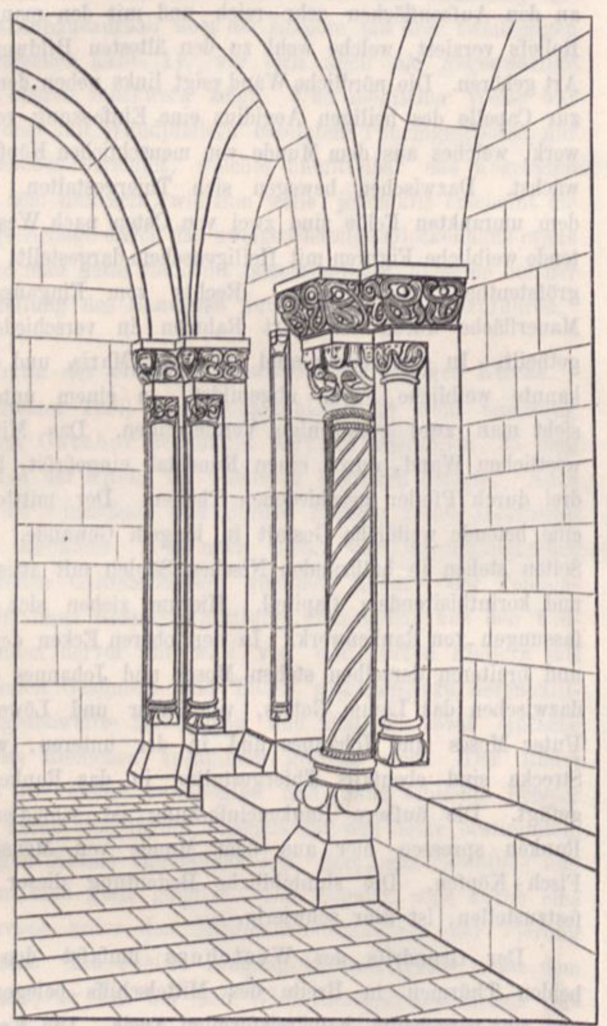


Abb. 9. Von der inneren Ansicht des Kreuzganges.

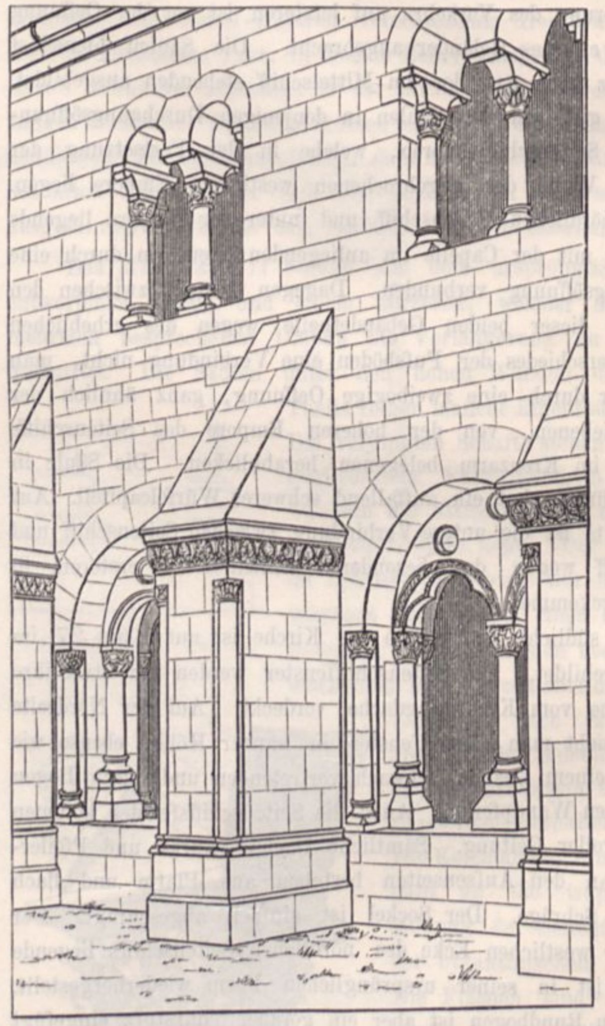


Abb. 10. Von der äufseren Ansicht des Kreuzganges.

Jahre auf der Domäne in Grofsalsleben als Wasserbehälter gedient.

Die Thürme sind im wesentlichen bereits in dem von den Umbauten handelnden Abschnitte geschildert, ihre Gestalt aus den Zeichnungen ersichtlich. Eigenthümlich ist die Capitellform der in den Fenstern des obersten Thurmgeschosses stehenden Säulchen, bei diesen Capitellen sind von dem Würfel, aus welchem sie gearbeitet, die kantigen Ecken in Form von schmalen Stegen stehen geblieben. Der Kelch selbst ist dagegen gekrümmt hergestellt. Sämtliche Thurmgesimse bestehen aus Platte, ausgekehlter Schräge oder Rundstab, auch sind letztere beiden vereinigt angebracht. Die, wie sämtliche Dächer, mit Schiefer belegten kegelförmigen Thurmbedachungen tragen über dem Knopfe ein Kreuz.

Der noch erhaltene nördliche Theil des zweistöckigen Kreuzganges enthält im unteren Stockwerke, am östlichen Ende, die mit dem südlichen Kreuzarme verbundene Sacristei, am westlichen die zum Obergeschofs führende Treppe. Der zwischen beiden liegende Raum ist durch Gurtbogen in sieben Felder getheilt, welche, wie auch die Sacristei, durch Kreuzgewölbe überdeckt sind (Abb. 9). Die Gurtbogen ruhen an der Nordseite auf Halbsäulen, welche den mit Ecksäulen geschmückten, die Schildbögen tragenden Wandpfeilern vorgelegt sind. Unter den Bögen liegt ein reiches Kämpfergesims. Alle Säulen haben mit Blattwerk verzierte Würfelcapitelle und attische Basen mit der Eckausbildung des 12. Jahrhunderts. An der Südseite treten an Stelle der Halbsäulen Kragsteine, gleichfalls reich verziert. Von den Bogenstellungen der Aufsenseite ist die westlichste als Durchgang nach der zum Seitenschiffe führenden Thür offen gelassen, die übrigen sind mit Brüstungsmauern versehen. Unter die Bögen sind an den Innen- und Aufsenseiten Säulchen gestellt (Abb. 10). Aufserdem sind die

mit Brüstung versehenen Oeffnungen, mit Ausnahme des Sacristeifensters, durch Einsetzen von Säulchen in zwei schmälere, gleichfalls mit Rundbogen überspannte Oeffnungen getheilt. Bei zwei Bogen sind die Nasen eines Kleeblattes angebracht. Die Säulchen stehen mit attischer Eckblatt-Base auf hohem Sockel und haben mit Blattwerk verzierte Capitelle; den inneren Gurtbogen entsprechend sind an der Aufsenseite, an Stelle der alten schwächeren, kräftige, reich mit Blattwerkgesims, Ecksäulen und gegliedertem Sockel versehene Strebepfeiler vorgelegt. — Das obere Stockwerk ist durch eine gerade Holzdecke mit vortretenden, geschnitzten Balken und übergelegten Brettern abgeschlossen. An der Aufsenseite, über den unteren Bogenstellungen, befinden sich zweibogige Fensteröffnungen. Die Mittelsäulchen haben über dem Capitell noch einen der Mauerstärke entsprechenden Kragstein. Das Dachgesims besteht aus Rundstab, Kehle und Platte. Das Dach selbst lehnt sich pultartig gegen die Aufsenwand des südlichen Seitenschiffes und ist mit Schiefer eingedeckt. Die ganze Anlage zeigt nicht nur im Innern, sondern auch im Aeufsern schon mehr die reich entwickelten Formen des spätromanischen Stils. Die Annahme, dafs der Kreuzgang erst nach dem erwähnten, im Anfang des 12. Jahrhunderts bewirkten Umbau der Kirche wieder neu aufgeführt sei, dürfte daher wohl gerechtfertigt erscheinen.

Die Ausmalung der Kirche.

Von den alten Malereien hat sich nur die an der Wölbung der Ostapsis erhalten. Daselbst erblickt man in einer Regenbogeneinfassung auf blauem Grunde das Bild des thronenden Christus, mit der Rechten den Segen ertheilend, mit der Linken das Wort Gottes haltend, darüber die Taube. Vier dienende Engel mit Rauchfässern umgeben den Heiland, zu dessen Füfsen die Erzengel Michael und Gabriel ein sich krümmendes Ungeheuer mit Lanzen durchbohren. Die ganze übrige Wandfläche der Apsis ist bei der Wiederherstellung bemalt worden und zeigt in Feldertheilungen die Bildnisse Gero's, des Begründers der Kirche, mehrerer späteren Schutzherren der Abtei und des heiligen Cyriacus, welchen andere Heilige umgeben. Der Sockel darunter ist mit einem Teppich behangen.

Die Wandfläche der westlichen Apsis ist bei der Erneuerung gleichfalls ausgemalt worden: am Gewölbe ist Christus als Richter der Welt dargestellt, umgeben von Aposteln und Engeln, letztere theils anbetend, theils die Todten zur Auferstehung rufend, welche weiter unten dargestellt ist. Die abwärts gesenkte Linke des Erlösers weist die Verdammten von sich, während die erhobene rechte Hand die Erwählten in Gnaden annimmt. In den farbigen oberen beiden Fenstern sind wiederum Gabriel und Michael dargestellt, während das untere, in der Mitte belegene, die Gestalt des grofsen Ahnherrn des Ballenstedter Geschlechts, Albrechts des Bären, zeigt. Nach beiden Seiten schliefsen sich, in den Feldern einer Bogenstellung, die Bildnisse anderer hervorragender Mitglieder des Geschlechts an. Zwischen diesen und der oberen, biblischen Darstellung läuft ein Fries herum mit den Brustbildern bekannter Vorfahren und Verwandten der Ballenstedter bis zu unserer Zeit. Unter dem Ganzen ist ein Marmorsockel gemalt.

Auf der südlichen Kreuzschiff-Empore ist ein altes Bild in gemalter Umrahmung angebracht. Dasselbe, mit Leimfarben auf Holz gemalt, rührt wohl aus dem Ende des 15. Jahrhunderts her und zeigt den Markgrafen Gero mit feuerrothem, auf goldenem Saume mit Edelsteinen besetztem Gewande, mit engen, bis zum Knie reichenden Beinkleidern und Lederumhüllung mit Riemen bis zum Knöchel, auf einer sechseckigen Platte stehend. Zu den Füfsen liegt ein kleiner weifser Hund, das Zeichen der Treue. Den bärtigen Kopf Gero's bedeckt ein rothes anliegendes Käppchen, die Rechte hält eine Fahne, die Linke stützt sich auf das Schwert, an dessen Griff der Schild mit rothem Adler in weifsem Felde hängt. Die Inschrift über der Figur lautet: Gero · Dux et Marchio · Fundator · Hujus Ecclesie · Saxonum. Offenbar war das letzte Wort hinter Marchio zu setzen.

Bei sämtlichen Holzdecken zeigen die Balken die natürliche Farbe, während die zwischenliegende Brettverschalung reich mit ornamentalem und figürlichem Schmuck bemalt ist. Von allen übrigen Ansichtsflächen im Innern der Kirche sind nur noch die Bogenleibungen über den Säulen und Pfeilern, sowie die Fensterleibungen bemalt. Die Bogenansichten, Säulen und Pfeiler zeigen die wirklichen Fugen und haben nicht, wie es bei manchen anderen Bauten so unangenehm auffällt, einen Abputz mit aufgemalten Fugen erhalten, zwischen welchen dann die wirklichen Fugen oft hindurch scheinen. Die übrigen Wandflächen haben einen steingrau gefärbten Abputz erhalten. Die Fenster weisen, mit Ausnahme derjenigen des Mittelschiffs, Glasmalereien mit Ornamenten und Figuren auf.

F. Maurer.

Erweiterungsbau der Unterführung auf Bahnhof Falkenberg.

Auf dem Personen-Bahnhofe Falkenberg kreuzt die Halle-Sorauer Eisenbahn die Berlin-Röderau-Dresdener und die Wittenberg-Kohlfurter Eisenbahn unter einem Winkel von 67° 30' bei einem Höhenunterschied der Schienen-Oberkanten von 5,76 m. Das an der Kreuzungsstelle liegende Bauwerk, welches mit eisernem Ueberbau versehen ist, hatte ursprünglich nur den Zweck, die Halle-Sorauer Eisenbahn über die Berlin-Röderauer Eisenbahn zu führen, wozu die anfänglich vorhandene Gesamtlichtweite (rechtwinklig zur Richtung der unterführten Bahn gemessen) von 18,84 m, welche durch zwei Säulenreihen in drei Theilweiten von bezw. 4,41 m, 10,02 m, 4,41 m getheilt wird, nach Lage der Verkehrs-Verhältnisse auch als hinreichend bezeichnet werden kann. Als jedoch im Jahre 1875 die dritte der oben bezeichneten Bahnen mittels eines Geleises durch die östliche, 4,41 m weite Seitenöffnung der Unterführung in den Bahnhof eingeführt wurde, wurden dadurch so beschränkte Verhältnisse des Bahnhofes bedingt, dafs eine genügende Entwicklung der Geleis- und Perron-Anlagen vor dem an der Unterführung liegenden Stationsgebäude nicht möglich war. Dazu kam noch eine sehr geringe Uebersichtlichkeit der nach Kohlfurt führenden Oberlausitzer Strecke von dem Bahnhof aus. Unter diesen Umständen wurde bei dem zunehmenden Verkehr des Bahnhofes eine Erweiterung der Unterführung und daran anschliefsend ein Umbau der Geleisanlagen erforderlich, welcher

Bau im Jahre 1886 nach dem von der Königlichen Eisenbahn-Direction in Erfurt aufgestellten Entwurf unter Leitung des Unterzeichneten zur Ausführung gelangte.

Die Erweiterung der Unterführung bestand in der Ausführung einer zweiten Hauptöffnung von den Abmessungen des alten Bauwerks. Dabei wurde das östliche Widerlager desselben zu einem Mittelpfeiler umgebaut, welcher ebenso wie das neue östliche Widerlager an der nördlichen Stirn mit einer Freitreppen-Anlage versehen ist, die den Verkehr zwischen den oberen und unteren Perrons vermitteln soll. Der eiserne Ueberbau, welcher sowohl bei dem neuen, wie bei dem alten Theile der Unterführung durch zwei Säulenreihen innerhalb der Hauptöffnung gestützt wird, hat Stützweiten von bezw. 5,30 m, 10,85 m, 5,30 m und trägt neben zwei Hauptgeleisen im Anschlufs an die bestehenden Perronanlagen des Halle-Sorauer Bahnhofs einen 7,5 m breiten Hauptperron und einen 3,0 m breiten Zwischenperron. Nähere Angaben über die Ausführung des Erweiterungsbaues der Unterführung dürften vielleicht wegen der Eigenart der Arbeiten einiges Interesse bieten.

Für Bauausführungen der vorliegenden Art wird immer die Frage von wesentlicher Bedeutung sein, wie weit eine Beschränkung des Betriebes der zu unterbauenden Bahn zulässig ist. Sind nothwendig sämtliche Geleise für den Betrieb während des Baus zu erhalten, so wird eine kostspielige Nothüberbrückung der ganzen Baustelle kaum zu umgehen sein.

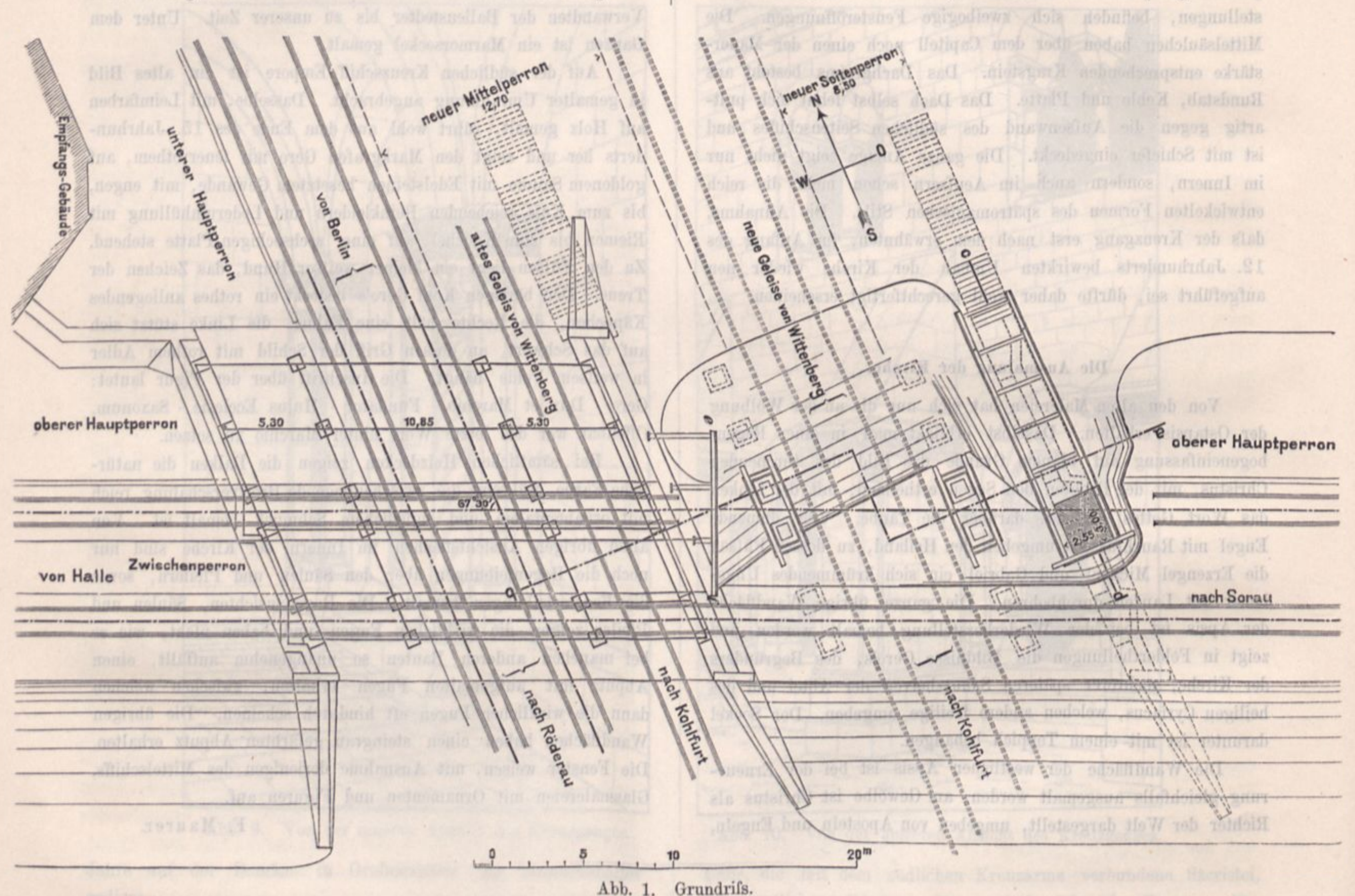


Abb. 1. Grundrifs.

Erweiterungsbau der Unterführung auf Bahnhof Falkenberg.

In den meisten Fällen wird jedoch der Betrieb unter Anwendung der erforderlichen Sicherheits-Vorkehrungen so abgeändert werden können, dafs die Breite eines Geleises auf der Baustelle zu Bauzwecken freigelegt werden kann. Auf der freien Strecke ist dieses durch Geleis-Verschlingungen, auf den Bahnhöfen durch Einlegung von Weichen zu erreichen. Man ist dann in der Lage, das Bauwerk für ein Geleis fertig zu stellen, worauf nach Verlegung des Betriebes auf dieses Geleis der angrenzende Bauwerkstheil in Angriff genommen werden kann.

Auch bei dem Falkenberger Bau gestatteten es die Betriebsverhältnisse, durch Einlegung einer Weichenverbindung in die beiden Halle-Sorauer Geleise auf der Baustelle ein Geleis während der Bauzeit der zugehörigen Brückenconstruction zu sperren, und zwar wurde hier zunächst das linke, nördliche Geleis aufser Betrieb gesetzt, da auf dieser Seite der gröfsere Theil der Arbeiten lag, aufserdem aber sich hier bei der schiefwinkligen Lage des Bauwerks die Hinterwand des zu einem Mittelpfeiler umzubauenden Widerlagers leichter frei legen liefs, als auf der südlichen Seite.

Zur Ausführung des neuen Widerlagers war es nun erforderlich, entweder einen durchgehenden Schlitz für das ganze Widerlager in dem Bahndamm unter Einrichtung einer etwa 4 m weiten Aushülfsbrücke für das betriebsfähig zu erhaltende rechte Geleis herzustellen, oder aber nur für den

nördlichen Theil des Widerlagers einen Schlitz auszuführen, dessen nach dem rechten Halle-Sorauer Geleise gelegene Brust gegen den Erddruck besonders zu sichern war. Die erste Bauweise gestattete jedenfalls eine schnellere Ausführung; auch liefs sich annehmen, dafs die Kosten bei derselben nicht gröfser würden als bei der anderen Art. Da jedoch die Aushülfsbrücke ihr Auflager dicht hinter der Schlitzwand erhalten mufste, so würde ein starkes Setzen des Geleises bei Ausführung des Schlitzes unausbleiblich gewesen sein, und man durfte daher mit Rücksicht auf den Betrieb die zweite Bauweise vorziehen, bei der eine ruhigere Geleislage erwartet werden konnte. Ein gröfseres oder geringeres Setzen des Geleises wird im allgemeinen bei Arbeiten der vorliegenden Art infolge Nachgebens der Schlitzwände und Zusammenpressens der hinter den Wänden beim Abbau derselben gelockerten Bodenmassen stets eintreten und mufs durch wiederholtes Nachstopfen des Geleises unschädlich gemacht werden. Dieses Setzen wird aber um so geringer werden, je kleiner die Schächte oder Schlitze sind, welche in der Nähe des Geleises liegen. Man führte daher auch nicht sofort den ganzen einseitigen Schlitz für das linke Halle-Sorauer Geleis aus, sondern trieb zunächst nahe dem rechten Geleise nur einen 3,0×2,55 m weiten Schacht bis zu der ursprünglich in dem Entwurf vorgesehenen Fundamenttiefe von 8,23 m unter Schienenoberkante hinab. In diesem Schacht wurde darauf ein 3 m langes Widerlagerstück aufgemauert, welches bei der weiteren Ausführung des Schlitzes den in der Richtung desselben auftretenden Erddruck aufnahm und so die Schlitzbrust sicherte.

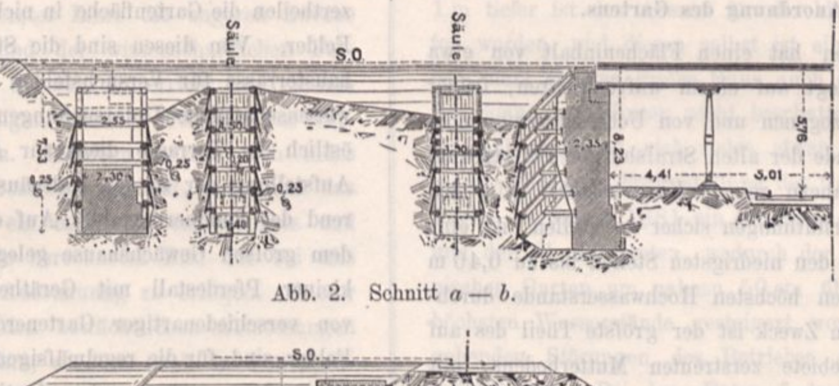


Abb. 2. Schnitt $a - b$.

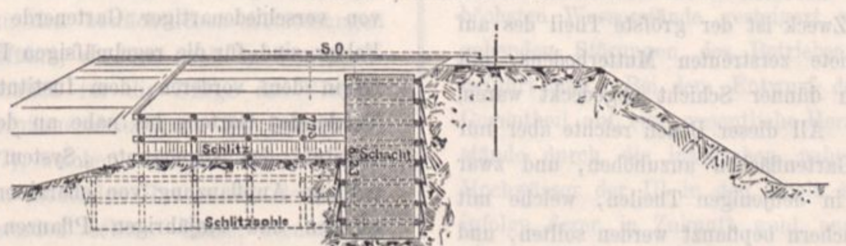
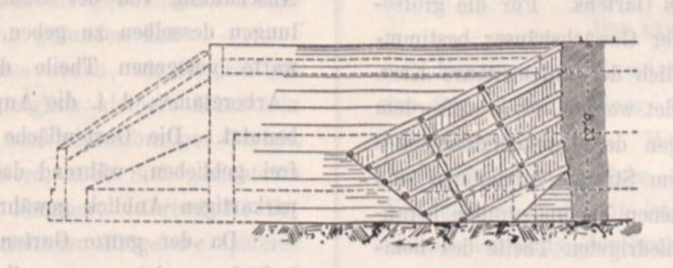


Abb. 3 Längenschnitt $c - d$ des nördlichen Widerlagerschlitzes.


Abb. 4. Schlitzwand $e - f$ des alten Widerlagers.

Die Abb. 3 zeigt den ausgemauerten Schacht mit dem anschliefsenden noch nicht fertig gestellten Schlitze. Diese Ausführungsweise erwies sich als durchaus zweckmäfsig, da nach der Fertigstellung des Mauerkerns bei der Ausführung des Schlitzes Geleissenkungen kaum noch vorkamen. Die Mehrkosten, welche die Ausführung des Schachtes und des inneren Widerlagerkerns verursachten, sind nur unbedeutend, da die Sicherung der Schlitzbrust durch Abzimmerung jedenfalls unabhängig von den Seitenwänden auszuführen gewesen wäre, um ein Herausschieben derselben zu verhüten, und daher auch erhebliche Kosten verursacht hätte. Die geringen Mehrkosten werden aber mit Rücksicht auf die durch die Ausführungsweise gewährte gröfsere Betriebssicherheit nicht in Frage kommen können. Die Auszimmerung des Schlitzes geben die Abbildungen 1, 2, 3 an. Es möge dazu noch erwähnt werden, dafs bei der Aufmauerung des Widerlagers die Quersteifen durch kurze Bolzen ersetzt wurden, welche die Vorderwand des Schlitzes gegen das Mauerwerk abstützten.

Das Freilegen der Hinterwand des alten Widerlagers machte den Abbau einer Wand erforderlich, für welche eine geneigte Schwellenlage gewählt war (Abb. 1, 2, 4). Das obere Ende der einzelnen Schwellen legte sich gegen die Hinterwand des Widerlagers, das untere Ende setzte sich auf den Boden auf, während Steifen die Schwellen und damit die Wand gegen das Widerlager abstützten. Diese Steifen wurden so tief in das Widerlager eingelassen, dafs bei dem späteren Abstemmen der Hinterwand desselben, welches zum Zweck der Verblendung dieser Wand vorgenommen werden mufste, ein Auswechseln der Steifen vermieden wurde.

Die Ausführung der Fundamente für die Säulen, welche die Hauptträger des linken Geleises aufnehmen sollten, erforderte nothwendig die Herstellung zweier Schächte. Dieselben wurden 4,0×1,50 m weit und bis zu 7,70 m unter Schienenoberkante hinabgeführt.

Nach Ausführung des nördlichen Theils des neuen Widerlagers, der Säulenfundamente und der Verblendung des zugehörigen Theils des alten Widerlagers stand der Aufstellung der Eisenconstruction für das linke Geleis und für den Hauptperron nichts mehr im Wege. Nachdem dann das linke Geleis auf die Eisenconstruction gebracht war, konnte dasselbe dem Betriebe wieder übergeben werden und die Ausführung der Bauarbeiten im rechten Geleise beginnen. Dieselbe bot, abgesehen von dem Schlitz für den südlichen Theil des neuen Widerlagers, welcher in derselben Weise ausgezimmert wurde, wie dieses für den nördlichen Theil geschehen war, keinerlei Schwierigkeiten weiter.

Die Erd- und Schachtarbeiten des Baues sind in Selbstunternehmung ausgeführt worden, während die Ausführung der Maurerarbeiten einem Unternehmer übertragen war. Da die Schacht- und Schlitzarbeiten zugleich mit Arbeiten zum Lösen und Bewegen der zwischen den Widerlagern liegenden Erdmassen von denselben Arbeitern ausgeführt werden mufsten, welche aufserdem noch zum Abladen von Materialien und anderen Arbeiten verwandt wurden, so war es nicht möglich, die auf die einzelnen Arbeiten entfallenden Kosten scharf von einander zu trennen. Als Durchschnittspreise können für die Schlitzarbeiten mit vollständigem Einbau der Wände aus verwaltungsseitig geliefertem Holze und mit Förderung des Bodens auf 50 m Weite 0,80 ℳ für 1 cbm gelöste Masse und für die Schachtarbeiten, ebenfalls mit vollständigem Einbau, 1 ℳ für

1 cbm bei einem Arbeiter-Lohnsatz von 1,75 *M.* angegeben werden. Der zu lösende Boden war im Jahre 1870 angeschüttet und bestand aus Sand mit einzelnen Thonlagen.

Die Ausführung des in den Schlitzen liegenden Bruchstein-Fundamentmauerwerks wurde mit 2,50 *M.* für 1 cbm, die des aufgehenden Ziegelmauerwerks mit 3 *M.* für 1 cbm bezahlt. Das Abstemmen der Hinterwand des alten, in Ziegelmauerwerk ausgeführten Widerlagers und das Verblenden derselben wurde in Tagelohn ausgeführt und kostete im Durchschnitt 6,50 *M.* für 1 qm bei einem Maurer-Tagelohn von 2,50 *M.* Es mufs hierbei indessen bemerkt werden, dafs in diesem Preise auch das Ausstemmen von 6 Schlitzen in dem Widerlager-Mauerwerk enthalten ist, welche zur Aufnahme der Anker und Ankersteine der durchgehenden Träger erforderlich wurden und eine durchschnittliche Höhe von 2,40 m, eine Breite von 0,90 m und eine Länge von 1,20 m hatten. Marloh.

Kaiser Wilhelms-Universität Strafsburg.

Der Garten des Botanischen Instituts.*)

(Mit Zeichnungen auf Blatt 30 bis 33 im Atlas.)

Allgemeine Anordnung des Gartens.

Der botanische Garten hat einen Flächeninhalt von etwa 3,5 Hektar und ist angelegt auf einem unfruchtbaren, früher von Festungsgräben durchzogenen und von Ueberschwemmungen häufig heimgesuchten Gelände der alten Strafsburger Befestigung, dessen Untergrund aus nahezu reinem Kies besteht. Um den Garten gegen weitere Ueberfluthungen sicher zu stellen, ist eine Aufschüttung desselben an den niedrigsten Stellen bis zu 0,40 m über dem damals bekannten höchsten Hochwasserstande durchgeführt worden. Zu diesem Zweck ist der gröfste Theil des auf dem ganzen Universitätsgebiete zerstreuten Mutterbodens, mit dem die Festungsanlagen in dünner Schicht abgedeckt waren, zusammen getragen worden. All dieser Boden reichte aber nur dazu aus, die eigentlichen Gartenflächen anzuhöhen, und zwar in einer Stärke von 70 cm in denjenigen Theilen, welche mit kleineren Pflanzen und Sträuchern bepflanzt werden sollten, und in 1,20 bis 1,40 m Stärke in den für die Anpflanzungen mit Bäumen bestimmten Abtheilungen des Gartens. Für die gröfseren Wege und die zur Errichtung der Gewächshäuser bestimmten Erderhöhungen ist dagegen lediglich der unfruchtbare Kiesboden aus den Festungswällen verwendet worden, sowie aufserdem Rheinkies, der für die Aufschüttungen des Universitätsgebietes überhaupt in grofser Menge aus dem Strome entnommen und auf den möglichst lange offen gehaltenen Festungsgräben herangeschafft wurde. Während für die niedrigsten Theile des botanischen Gartens die Erhebung von 0,40 m über den höchsten Hochwasserstand als genügend angesehen werden konnte, mufsten die den Garten umgebenden Strafsen um mehr als 2 m höher gelegt werden. Bei diesem Höhenunterschiede liefs sich leicht eine freie und freundliche Uebersicht über den Garten und eine wechselvoll bewegte Gestaltung desselben erzielen, deren Wirkung noch durch die hohe Lage der Gewächshäuser sowie dadurch gesteigert ist, dafs ein Theil eines alten Festungsgrabens offen gehalten und zu einem für die Pflege von Wasserpflanzen bestimmten Teich umgestaltet werden konnte.

Die Wege des botanischen Gartens, welche zum Theil an die übrigen Universitätsanlagen anknüpfen und durch dieselben in ihrer Form wesentlich bestimmt worden sind, haben vorwiegend eine leicht geschwungene Linienführung erhalten (vgl. den Plan auf Bl. 67, Jahrg. 1887 d. Zeitschr. f. Bauw.) und zertheilen die Gartenfläche in nicht zu grofse, meist abgerundete Felder. Von diesen sind die Streifen südlich von der Gewächshausterrasse für Versuchsfelder zur Züchtung von Pflanzen für wissenschaftliche Untersuchungen ausersehen. Das grofse Feld östlich der Terrasse dient zur Anlage von Mistbeeten und zur Aufstellung der in den Kalthäusern überwinterten Pflanzen während der Sommermonate. Auf den nördlich von diesem, neben dem grofsen Gewächshause gelegenen Flächen befinden sich ein kleiner Pferdestall mit Grätheschuppen und eine Niederlage von verschiedenartiger Gartenerde und Dünger. Die übrigen Felder sind für die regelmäfsigen Pflanzungen benutzt, und zwar ist in dem vorderen, dem Institutsgebäude zunächst gelegenen Theile des Gartens bis nahe an den Garten des astronomischen Instituts das sogenannte „System" angelegt, d. i. eine regelmäfsige Anpflanzung von charakteristischen, besonders überwinternden und einjährigen Pflanzen, welche geeignet ist, eine Uebersicht über die Gliederung des Pflanzenreiches und eine Anschauung von der Gesamterscheinung der einzelnen Abtheilungen desselben zu geben. Die entfernteren, hinter der Sternwarte gelegenen Theile des Gartens sind dagegen für das „Arboretum", d. i. die Anpflanzung der Bäume und Sträucher, benutzt. Die Gartenfläche des Systems ist daher sonnig und frei geblieben, während das Arboretum in Zukunft einen mehr parkartigen Anblick gewähren wird.

Da der ganze Garten einer besonders sorgfältigen Pflege bedarf, so ist er zum Zwecke leichterer Bewässerung mit einem Netz von Wasserleitungsröhren, die sich der städtischen Leitung anschliessen, durchzogen worden. An den Wasserentnahmestellen sind Vorrichtungen zum Anschlufs von Sprengschläuchen vorhanden, und es sind daselbst gemauerte, mit Cement geputzte kleine Wasserbehälter angelegt, in welchen das zur unmittelbaren Verwendung beim Begiefsen der Pflanzen zu kalte Leitungswasser sich erst etwas erwärmt, bevor es benutzt wird. Für gewisse Theile des Gartens, namentlich die Culturen der Alpenpflanzen, sind auch einfache Vorrichtungen zu fortwährender Berieselung getroffen. Bei dem „System" sind die einzelnen, durch die Wege abgetheilten Gartenfelder mit Rasen angesät, und innerhalb desselben sind dann ganz nach Bedarf wieder kleinere Beete angelegt worden, welche gruppenweise die verschiedenen Pflanzenfamilien aufnehmen. Diese Anordnung hat den Vortheil, dafs sie völlige Freiheit der Bewegung gestattet und jede Ausdehnung oder Vergröfserung einer einzelnen Abtheilung in beliebiger Weise zuläfst.

*) Vergl. Jahrgang 1887, S. 585 u. f.

Gewächshäuser.

Für die Gewächshäuser ergab sich der günstigste Bauplatz nördlich vom „System", an der den botanischen Garten im Norden begrenzenden Goethestrafse und der Westgrenze des Gartens. Die Häuser sind bei dieser Lage dem Institutsgebäude möglichst nahe gerückt und stören so den Zusammenhang des ohnehin etwas zerrissenen Gartens am wenigsten; auch erhielten sie dabei eine freie, sonnige, nach Süden gerichtete Lage, ohne den Garten selbst zu beschatten; und endlich kann von hier die Zufuhr der in grofser Menge erforderlichen Kohlen, Erde, Dung usw. am leichtesten erfolgen. In unmittelbarer Nähe der Gewächshäuser hat dann das Wohnhaus des Universitätsgärtners seinen Platz gefunden, in einer so gewählten Stellung, dafs es einen bequemen Ueberblick über die Gewächshäuser und fast den ganzen Garten gestattet.

Bei der Anlage der Gewächshäuser, wie auch des ganzen botanischen Gartens waren in erster Linie die engeren Zwecke des akademischen Unterrichts und der wissenschaftlichen Forschung mafsgebend, für welche die zum Unterricht und zu den Arbeiten des Instituts nothwendigen lebenden Pflanzen zur Verfügung gehalten werden müssen. Daneben machte sich indes mit der Zeit immer mehr das Bestreben geltend, auch über das unbedingt Nothwendige hinaus ein möglichst vollständiges und reiches, auch für weitere Kreise berechnetes Bild der bei uns anzubauenden Pflanzenwelt zur Anschauung zu bringen. Dieser Nebenzweck hat nicht nur zu den beträchtlichen Abmessungen des grofsen Gewächshauses geführt, sondern auch zu dem stattlichen Neubau eines hauptsächlich für die Pflege der Victoria regia bestimmten Warmwasserpflanzenhauses (*h* des Lageplanes auf Blatt 67, Jahrgang 1887), welcher anfänglich durch Ueberführung des gleichen Zwecken dienenden Hauses aus dem alten botanischen Garten erspart werden sollte. Dieser Neubau ist abgesondert von den übrigen Gewächshäusern im „System" errichtet worden, während das alte Haus als gewöhnliches Pflanzenhaus (*f* im Lageplane) Verwendung gefunden hat.

Aufser dem grofsen Gewächshause waren, wie in dem gedachten Lageplane angegeben, ursprünglich kleinere Häuser in Aussicht genommen, und zwar zwei von winkelförmiger Gestalt, von denen zunächst nur die von Nord nach Süd gerichteten Flügel *d d* zur Ausführung kommen konnten, während die Ergänzung der von Ost nach West gerichteten Flügel *e e* späterer Zeit vorbehalten blieb, und ferner zwei kleinere, wieder von Nord nach Süd gestellte, rechteckige, im Lageplane gleichfalls mit *e e* bezeichnete Häuser. Auch dieser Plan ist indes durch die Ausführung überholt worden. Es sind, statt der letztgenannten kleineren, zwei gröfsere, zwölfeckige Pflanzenhäuser, und statt der ostwestlichen Flügelbauten jener winkelförmigen Häuser ein durchlaufender „Verbindungsgang" hergestellt worden, der die gleiche Höhe wie die früher geplanten Flügel und eine nur um ein Geringes verminderte Tiefe erhalten hat. Die Rundhäuser sind diesem Verbindungsgange angeschlossen, sodafs damit eine grofse zusammenhängende und sehr bequem zu bedienende Anlage geschaffen worden ist. Nur ist dadurch leider die auf eine mittlere freie Durchsicht berechnete Erscheinung des grofsen Gewächshauses geschädigt worden, und zwar mehr, als zur vollen Erreichung des Zweckes nothwendig gewesen wäre, da dem Verbindungsgange noch ein gröfserer Mittelbau eingeschaltet worden ist. Für das Aufgeben der rechteckigen Form bei den kleinen Gewächshäusern waren die günstigen Erfahrungen mafsgebend, welche man inzwischen mit runden Häusern, namentlich mit dem im Winter als gewöhnliches Warmhaus benutzten alten Warmwasserpflanzenhause, gemacht hatte. Es ist beobachtet worden, dafs die Pflanzen sich bei dieser Form des Glasdaches besser, als bei langen Häusern und fast wie beim Aufwachsen unter freiem Himmel, d. i. nahezu vollkommen symmetrisch entwickeln. Zudem wird auf eine gleichmäfsigere und bessere Erwärmung solcher Häuser im Winter durch die Sonne gerechnet, weil diese bei jeder Stellung fast senkrecht auf eine Seite des Glasdaches fällt, während andererseits im Sommer eine so grofse Steigerung der Erwärmung, wie sie eintritt, wenn die Sonne senkrecht auf die Längsseite eines geraden Hauses scheint, ausgeschlossen bleiben soll.

Der Bauplatz der Gewächshausgruppe liegt mit seiner höchsten, das grofse Gewächshaus tragenden Erhebung etwa 2,5 m über dem vermeintlich höchsten Grundwasserstande. Um 1 m tiefer ist der Absatz für die kleinen Gewächshäuser gehalten worden, und diesen selbst ist ein solcher Querschnitt gegeben, dafs sie das grofse Haus auch bei dem niedrigsten Stande der Sonne im Winter nicht beschatten. Die Höhenlage dieses Bodenabsatzes hat sich indes etwas zu niedrig erwiesen, denn es ist bald nach Fertigstellung der Gewächshäuser in den letzten Tagen des Jahres 1881 ein gleichzeitiges Hochwasser des Rheins und der Ill eingetreten, wodurch der Grundwasserstand im botanischen Garten um nahezu 50 cm über die früher beobachteten höchsten Wasserstände gesteigert worden ist, was zu vorübergehenden Störungen des Betriebes der kleinen Gewächshäuser geführt hat. Bei dem Entwurf derselben war aber gerade im Gegentheil auf eine wesentliche Herabminderung der Hochwasserstände durch die inzwischen nahezu vollendete Ableitung der Hochwässer der Ill in den Rhein bei Erstein gerechnet worden, infolge deren in Zukunft wohl auch dergleichen Belästigungen nicht wieder eintreten werden.

Das grofse Gewächshaus.

Das grofse Gewächshaus hat mit seiner Vorderseite eine für die Entwicklung der Pflanzen vortheilhafte Lage nach Süd-Südwest erhalten. Mit der Rückseite ist es nach der Göthestrafse gerichtet, welche für die Bebauung mit villenartigen Wohnhäusern bestimmt ist; es war daher geboten, auch diese Ansicht sorgfältig durchzubilden. In den Eckbauten des Hauses sind die Wohnräume für Gärtnergehülfen und Gelasse für Vorräthe, Sämereien usw. untergebracht worden, während in niedrigen Anbauten die Kessel nebst Zubehör für die dem grofsen und den kleinen Gewächshäusern gemeinschaftliche Heizungsanlage Platz gefunden haben, leider in Räume, welche zu knapp bemessen sind im wesentlichen infolge einer Verkürzung des Gebäudes um nahezu 4 m, die vom Unterzeichneten nicht verhindert werden konnte. Den ungefähren Anhalt für die Abmessungen des grofsen Gewächshauses gab die Bestimmung, dafs die in dem Palmenhause des alten botanischen Gartens vorhandenen, dicht gedrängten Pflanzenbestände nebst einigen nothwendigen Ergänzungen darin zu einer für die Betrachtung und Pflege der Pflanzen bequemen und förderlichen Aufstellung gelangen können sollten. Danach wurde die Länge des Gebäudes auf 75 m bei einer Tiefe von 9 m festgesetzt und die Eintheilung in ein mittleres Warmhaus und zwei seitlich gelegene Kalthäuser getroffen. Das erstere ist 26 m lang bemessen und durch einen etwa 13 m tiefen Mittelbau erweitert worden,

während die letzteren bei je 24 m Länge Enderweiterungen von 11 m erhalten haben. Die Trennung der Abtheilungen ist durch Glaswände bewirkt. Unter Berücksichtigung der sehr verschiedenen Gröfsen der aufzustellenden Pflanzen, sowie des gärtnerischen Grundsatzes, nach welchem alle Pflanzen den Glasflächen möglichst nahe gestellt werden sollen, ist auf eine wechselvolle Ausgestaltung der Querschnittsverhältnisse des Hauses besonderer Werth gelegt worden. Während die Längsbauten also eine Höhe von 6 m aufweisen, sind die quadratischen Aufbauten an den Enden des Gebäudes 11 m und der achteckige Kuppelaufbau in der Mitte 20 m hoch angelegt, und es ist hier sogar darauf Bedacht genommen, die stattliche Höhe in vollkommenster Weise dadurch auszunützen, dafs in der Mitte eine Grube zur Verpflanzung einer grofsen Palme vorgesehen ist.

Im Interesse des regelmäfsigen, allseitigen Auswachsens der Pflanzen ist überall eine reichliche und vielseitige Lichtzuführung zu den Häusern angestrebt worden, und es verdanken besonders die höher geführten, oben zum Theil ganz freien oder doch wenigstens mit regelmäfsigen Zeltdächern abgeschlossenen Aufbauten diesem Bestreben ihre Gestaltung. Für die Längsbauten ist die bewährte Form eines ungleichseitigen Satteldaches mit vorderen Standfenstern angenommen, sodafs auch diesen Bautheilen, soweit dies ohne Schädigung des Schutzes gegen Nordwinde durch eine geschlossene massive Rückwand zulässig erschien, noch Beleuchtung von der Rückseite her gegeben worden ist.

Im einzelnen ist die Grundrifsgestaltung und der Aufbau des Hauses derart durchgeführt, dafs die Beschattung der Glasflächen durch Vorsprünge und Aufbauten so viel als möglich vermieden worden ist. Es ist daher an der Vorderfront eine kräftige Gliederung des Grundrisses ausgeschlossen worden. Die Aufbauten sind gegen die Gebäudeflucht zurückgesetzt, und überall, wo es angängig schien, ist zu Abeckungen und Abschrägungen der Bautheile gegriffen worden. Von der Anwendung gebogener Dachflächen ist durchweg abgesehen, weil einerseits die Erneuerung gekrümmter Scheiben Weitläufigkeiten und Mehrkosten verursacht, und aufserdem das Eindecken mit Schattendecken und das Vorsetzen von Läden zum Schutz gegen die Kälte bei geraden Dachflächen, zumal bei festen Traufen, wie in vorliegendem Falle, wesentlich leichter ist. Die Verglasung des grofsen Gewächshauses ist durchgehends einfach aus 4 mm starkem, blasenfreiem, halbweifsem Glase erfolgt.

Zu dem Ein- und Ausbringen der Pflanzen, das so viel als möglich in aufrechter Stellung derselben erfolgen mufs, dienen die am Mittelbau und den Endbauten angebrachten grofsen Thore von 4,6 bezw. 3,8 m Weite bei 6,3 bezw. 4,5 m Höhe, in denen für den gewöhnlichen Verkehr noch kleine Thüren vorgesehen sind. Ebenso sind in den Glaswänden zwischen den Warm- und Kalthaus-Abtheilungen grofse Thore zur Ueberführung der Pflanzen aus einem Raum in den anderen angelegt.

Als Baustoff zur Herstellung des constructiven Gerippes ist Schmiedeeisen verwendet worden in Verbindung mit Gufseisen für einige Constructionstheile, namentlich für die Säulen der hohen Aufbauten. Eine ungünstige Eigenschaft hat das Eisen und derentwegen ist es trotz seiner Vortheile der besseren Lichtgebung und leichteren Behandlung neuerdings auch in England und den Niederlanden vielfach bei Gewächshausbauten ausgeschlossen worden. Es schlagen sich an demselben die Wasserdämpfe der feuchten, warmen Luft stark zu Wasser nieder, welches beim Abtropfen die Pflanzen erheblich schädigt. Diesem Uebelstande wurde hier dadurch zu begegnen gesucht, dafs für einen möglichst ungehinderten Ablauf der Tropfen bis zu den senkrechten Wänden Sorge getragen wurde. Die kreuzförmigen Sprossen der Dachflächen sind zu diesem Zwecke, wie Blatt 32 zeigt, auf den gröfseren Trageconstructionen vermittelst eiserner Stühlchen derart befestigt, dafs die Unterkante derselben frei durchläuft und für die daran abfliefsenden Tropfen ein hinreichender Spielraum hergestellt ist. Zudem wurde für die untere Kante der Binder, welche durch die Dachfläche hindurch reichen müssen und also besonders starken Niederschlag geben, eine dem Wasserabflufs möglichst günstige Form ohne mittlere Unterstützung gewählt. Diejenigen Eisentheile, welche, wie die wagerechten Pfetten, nicht unmittelbar mit der äufseren Luft in Berührung kommen, sind unschädlich, denn sie nehmen leicht eine solche Wärme an, dafs sich starke Niederschläge an ihnen nicht bilden. Der durch diese Anordnungen erzielte Erfolg wird als sehr befriedigend angesehen.

In weitgehendem Mafse ist auch für die Lüftung der Gewächshäuser Sorge getragen worden. Bei dem Warmhause sind im Mittelbau zwei schmale Klappen über dem Sockel, acht im Dache der Kuppel und gleichfalls acht in der lothrechten Wand der Laterne angebracht, in den Längsbauten dagegen je vier breite Klappen über dem Sockel und in der kurzen, nördlich abfallenden Dachfläche. Noch ausgiebiger sind die Kalthäuser gelüftet: hier sind in den Eckbauten je vier Klappen über dem Sockel und in den Laternen vorgesehen, während bei den Längsbauten sämtliche Gevierte über dem Sockel und in den nördlich abfallenden Dachflächen sich öffnen lassen. Aufserdem sind alle Dachflächen der Eckbauten zum Abheben eingerichtet, um die günstigen Einwirkungen der Sommerluft in vollem Umfange auch denjenigen Pflanzen zu gute kommen zu lassen, welche ihrer Gröfse wegen nicht ins Freie gebracht werden können. Zur Bedienung jener grofsen Zahl von Klappen sowie auch der Schattendecken ist ein vollständiges Netz von Lauf- und Leiterstegen angeordnet, auf denen man zu allen Theilen des Daches gelangen kann. Weniger bequem zugänglich sind allein die Klappen in den Laternenaufbauten der höher geführten Bautheile; für diese ist daher eine auf Blatt 32 dargestellte Stellvorrichtung vorgesehen, welche vermittelst kräftiger Ketten vom Gewächshause aus gehandhabt wird. Die Laufstege sind übrigens mit durchbrochenen gusseisernen Platten belegt, und man gelangt zu denselben vermittelst der in den Eckbauten der Rückseite gelegenen Treppen.

Für die Beschattung der Glasflächen sind aufziehbare Schattendecken aus zusammengeketteten Holzstäben zur Anwendung gebracht, in Verbindung mit festen, mit Holzstäben benagelten, versetzbaren Holzrahmen. Die ersteren sind an allen denjenigen Stellen angewandt, wo es möglich ist, die Decken bequem aufzurollen, die letzteren an einigen schmalen und schwer zugänglichen Flächen, an den Thoren und Thüren und besonders an allen dreieckigen Dach- und Wandflächen, welche an dem Gebäude vielfach vorkommen. Die runden Flächen der Endbauten haben Schattendecken mit senkrechter Stellung der Stäbe. Da das Hantiren mit den Schattendecken an den Glasflächen mancherlei Schäden verursacht, so mufste auf eine leichte Ausbesserung der letzteren von vorn herein Bedacht genommen werden; es sind daher auf allen Dachflächen Leiter-

eisen vorgesehen, vermittelst deren man auf kleinen Leitern leicht zu allen Theilen des Daches gelangen kann.

Die Erwärmung des grofsen Gewächshauses geschieht durch eine für alle auf der Terrasse zusammenliegenden Gewächshäuser gemeinschaftlich eingerichtete Heizanlage, welche die Warmhausabtheilungen auf mindestens 15° C, die Kalthäuser auf 5° C auch an den kältesten Tagen erwärmen soll. Bei der räumlichen Ausdehnung der Gebäudegruppe mufste zu einer Dampfheizung gegriffen werden. Der Dampf wird in der Regel in zwei Kesseln erzeugt, denen für den Fall einer Betriebsstörung oder ganz aufsergewöhnlicher Kältegrade noch ein Aushülfekessel zugesellt ist. Für die gesonderten, von der Hauptstelle gespeisten Heizanlagen der einzelnen Abtheilungen ist demnächst in oder nahe bei den zu erwärmenden Räumen je ein Warmwasserkessel aufgestellt worden, welchen der Dampf in Schlangenröhren durchzieht. Hierbei wieder zu Wasser geworden, wird dieser in Rücklaufrohren zur Heizstelle zurückgeführt, um durch Strahlpumpen in die Dampfkessel getrieben und abermals zur Dampfheizung verwandt zu werden. Das inzwischen in den Warmwasserkesseln erwärmte Wasser bewegt sich dagegen mittels Rohrleitungen im Kreislauf durch die zu erwärmenden Räume. Um bei dieser Anlage eine Erwärmung der Gewächshäuser für längere Zeit, nachdem die Heizung der Dampfkessel eingestellt worden ist, zu sichern, mufste den Kesseln und Rohrleitungen ein den Abkühlungsverhältnissen entsprechend grofser Inhalt gegeben werden. Es ergab sich daraus die Nothwendigkeit der Aufstellung von zwei Kesseln von 5 m Länge bei 1 m Durchmesser für das Warmhaus und je eines Kessels von der gleichen Länge bei 1,10 m Durchmesser für die Kalthausabtheilungen, welche sämtlich unter dem Fufsboden des Warmhauses in besteigbaren, mit Wellblech auf eisernen Trägern und einer darüber gebreiteten Erdschüttung abgedeckten Räumen aufgestellt worden sind. Die Rohrleitungen durchziehen das Warmhaus in weiten, gemauerten, im Fufsboden des Raumes angelegten und mit durchbrochenen Gufseisenplatten bedeckten Canälen, während sie in den Kalthäusern frei über dem Fufsboden an dem Sandsteinsockel des Gebäudes hingeführt worden sind. Die ganze Anordnung der Heizung in und unter dem Warmhause ergab sich aus der Nothwendigkeit, auch den Fufsboden desselben für die Pflege der südlichen Pflanzen nachhaltig zu erwärmen; in den Kalthäusern dagegen war eine solche Erwärmung des Bodens ausgeschlossen, um das übermäfsige Treiben der Pflanzen während des Winters zu verhindern. Ueber den Rohrleitungen der Kalthäuser sind schmale sog. „Tabletten" zur Aufstellung von kleineren Pflanzen angebracht, welche aus Winkeleisen und verzinktem Eisenwellblech mit Kiesüberfüllung hergestellt sind. Die dabei gewählte in Abbildung 1 dargestellte Anordnung kann indes nicht als befriedigend angesehen werden und würde einer Abänderung nach verschiedenen Richtungen bedürfen, um die Heizung zu besserer Wirkung gelangen zu lassen. Es müfsten nämlich in erster Linie diese Pflanzentische von dem Sockel abgerückt werden, um zwischen beiden die unter ersteren erwärmte Luft unmittelbar an die kälteste Stelle des Gebäudes, d. i. die senkrechte Vorderfront gelangen zu lassen, denn nur in dieser Weise kann der hier in breiten Strömen herabfallenden kalten Luft kräftig entgegen gewirkt werden. Sodann sollten die Blechtafeln mit der Längsrichtung der Wellen nicht, wie geschehen, parallel, sondern senkrecht zu dem Gebäudesockel gelegt werden, weil sich im ersten Falle die Luft in den Wellen festsetzt und die Wärmeabgabe vermindert, und endlich wäre durch Herstellung eines genügend grofsen Hohlraumes unter den Röhren eine geregeltere Luftzuführung auch zu den unteren Röhren sicher zu stellen (Abb. 2). Ein wei-

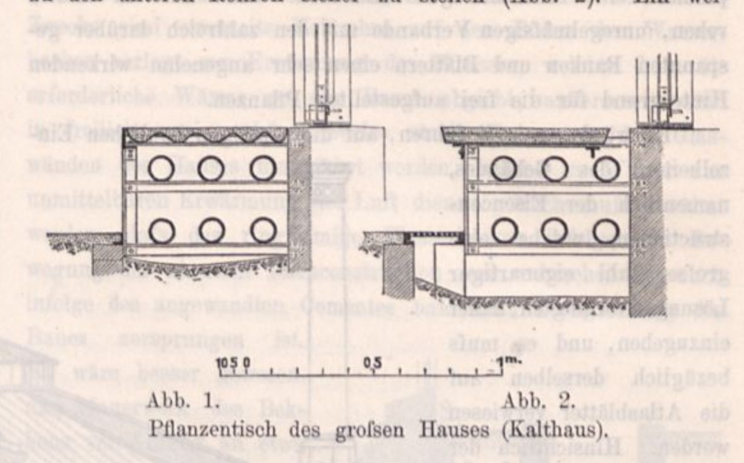


Abb. 1. Abb. 2.
Pflanzentisch des grofsen Hauses (Kalthaus).

terer Mangel der Heizung ist, dafs die Verbindung der Warmwasserkessel mit den Heizsystemen durch zu enge Rohre hergestellt ist, sodafs die Bewegung des erwärmten Wassers aufserordentlich behindert wird. Eine Abänderung in dieser Hinsicht wäre daher zweifellos erwünscht. Ebenso würde es auch vorzuziehen sein, den Heizrohren statt der gewählten wagerechten Lage eine leichte durchgehende Steigung vom Kessel bis zum äufsersten Punkte zu geben, um die Bewegung des Wassers beim Heizen schneller zu fördern.

Zum Begiefsen der Pflanzen sind in den Gewächshäusern Schöpfbecken angelegt worden, welche ziemlich beträchtliche Wassermengen aufnehmen können. Das Wasser erwärmt sich hier vermöge der höheren Luftwärme bis zu dem zum Begiefsen nothwendigen Grade und kann auch durch eingelassenen Dampf schnell bis auf jeden gewünschten Wärmegrad gebracht werden. Zumeist mufs zum Begiefsen das in der städtischen Wasserleitung zur Verfügung stehende, sehr kalkhaltige Wasser benutzt werden. Für viele Gewächse und besonders für die öfters zu wiederholende Besprengung der Pflanzen ist es indes von gröfstem Werth oder nothwendig, auch Regenwasser zur Verfügung zu haben. Es sind deshalb Vorkehrungen getroffen, um alle von den Häusern und der ganzen Gewächshausterrasse ablaufenden Niederschläge in Behältern zu sammeln (Abb. 3 und 4), aus denen das Wasser vermöge einer mittels Hand-Druckpumpe betriebenen Leitung in die warme Abtheilung des grofsen Gewächshauses und in das Warmwasserpflanzenhaus geleitet wird. Die Becken des letzteren werden nur mit Regenwasser gespeist.

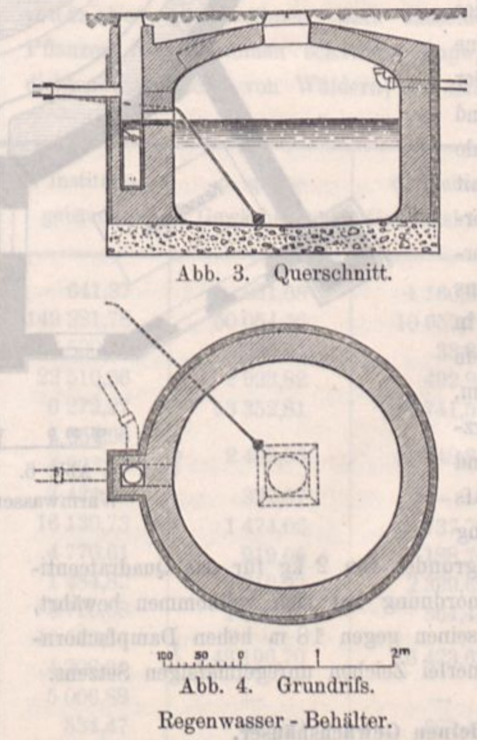


Abb. 3. Querschnitt.

Abb. 4. Grundrifs.
Regenwasser - Behälter.

Von wesentlicher Bedeutung ist endlich noch die Bekleidung der meisten in den Gewächshäusern sichtbaren Mauerflächen mit rothem Vogesensandstein. Dieser Stein bietet für Kletterpflanzen eine besonders gute Haftfläche und bildet in seinem rohen, unregelmäfsigen Verbande mit den zahlreich darüber gespannten Ranken und Blättern einen sehr angenehm wirkenden Hintergrund für die frei aufgestellten Pflanzen.

Es würde zu weit führen, auf die sonstigen baulichen Einzelheiten des Gebäudes, namentlich der Eisenconstructionen, welche eine grofse Zahl eigenartiger Lösungen verlangten, näher einzugehen, und es mufs bezüglich derselben auf die Atlasblätter verwiesen werden. Hinsichtlich der Gründung des Gebäudes sei nur noch erwähnt, dafs dieselbe nicht bis zu dem sehr tief liegenden festen Baugrunde hinabgeführt, sondern auf der ohnehin nothwendigen Kiesschüttung ausgeführt worden ist. Die letztere ist zu dem Zwecke sehr langsam und sorgfältig in niedrigen, gleichmäfsig durchgeschütteten Lagen und auch so frühzeitig ausgeführt worden, dafs sie genügende Zeit hatte, sich zu setzen. Es ist abwechselnd grober und feiner und etwas mit Lehm durchsetzter Kies verwendet worden, um eine möglichste Dichtigkeit der Schüttung zu erzielen, und schliefslich ist die Sohle der Baugruben reichlich mit Kalkmilch getränkt worden. Die unterste Mauerschicht, welche übrigens wegen der Kesselanlage in sehr verschiedener Tiefe liegt, ist aus gewöhnlichem, eingestampftem Schwarzkalkbeton hergestellt und so breit angenommen, dafs sich eine gröfste Belastung des angeschütteten Baugrundes von 2 kg für das Quadratcentimeter ergab. Diese Anordnung hat sich vollkommen bewährt, denn das Gebäude mit seinen gegen 18 m hohen Dampfschornsteinen zeigt bisher keinerlei Zeichen unregelmäfsigen Setzens.

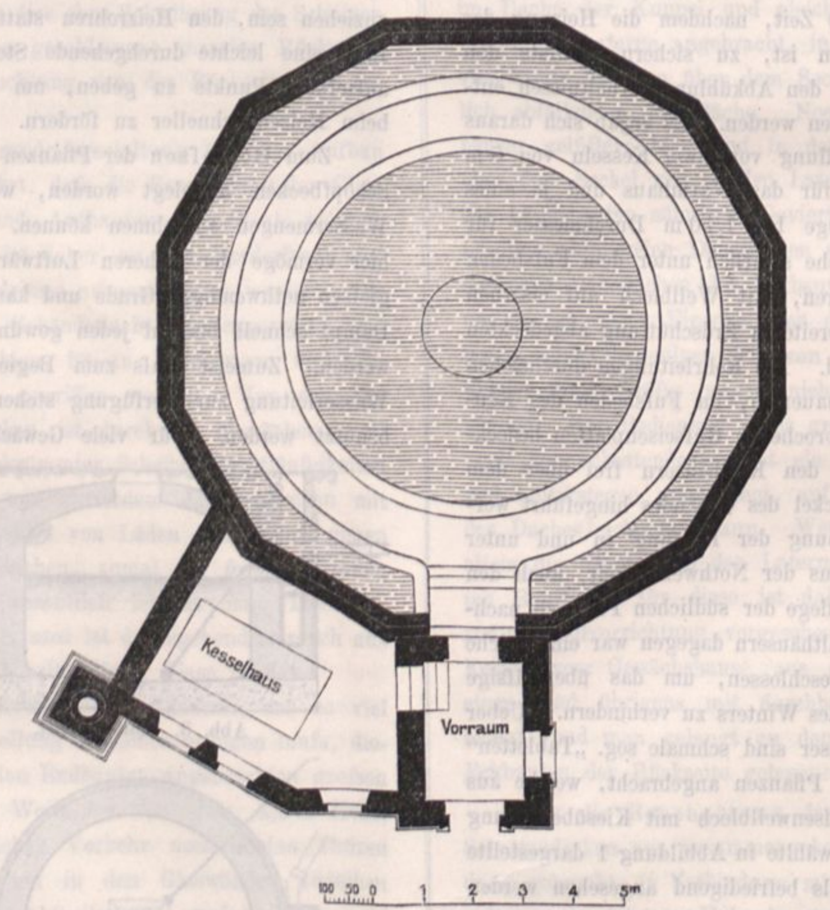


Abb. 5. Ansicht.

Abb. 6. Grundrifs.
Warmwasserpflanzenhaus.

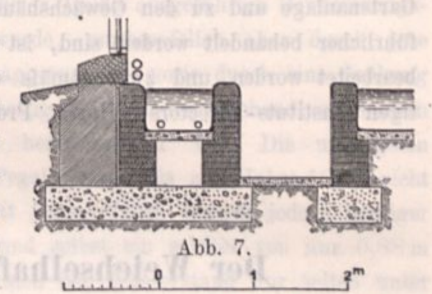
Die kleinen Gewächshäuser.

Von den kleinen Gewächshäusern, welche südlich von dem grofsen Hause auf dem niedrigeren Bodenabsatz errichtet werden sollten, sind, wie schon oben erwähnt, nur die von Nord nach Süd gerichteten Flügel, nebst den massiven Eckbauten nach dem ursprünglichen Plan ausgeführt worden. Die Häuser waren in Winkelform entworfen, und es sollte das östliche, von welchem auf Blatt 33 Grundrifs und Schnitte mit zugehörigen Einzelheiten dargestellt sind, als Warmhaus mit doppelter Verglasung, das westliche zunächst als Kalthaus mit einfacher Verglasung, aber unter Rücksichtnahme auf eine vielleicht später anzubringende zweite Verglasung, erbaut werden. Die von Nord nach Süd gerichteten Flügel sind mit gleichseitigem Satteldach und niedrigen Seitenwänden ausgeführt, während die parallel dem grofsen Hause geführten Flügel ein ungleichseitiges Satteldach und steinerne Rückwand, ähnlich wie die Zwischenbauten des grofsen Hauses, erhalten sollten. Der Boden dieser Häuser ist um 70 cm in die Erde versenkt worden; er liegt also um 1,70 m tiefer, als der Boden des grofsen Gewächshauses, und zwar aus dem doppelten Grunde, um die Erwärmung der Häuser zu erleichtern und die Höhenerhebung derselben möglichst zu beschränken, damit das grofse Haus, wie schon erwähnt, auch bei dem niedrigsten Stande der Sonne nicht beschattet werde. Die Flügel sind auf 19 m Länge bei 5 m lichter Weite und 3,2 bezw. 4 m Höhe bemessen; der 6 m zu 4 m grofse Eckraum ist zur Vornahme von Verpflanzungen und Aufbewahrung von Geräthschaften bestimmt. Alle Zugänge der Gebäude sind mit Doppelthüren versehen. Für die Anordnung dieser Gebäude im einzelnen waren wesentlich die gleichen Gesichtspunkte wie für das grofse Gewächshaus mafsgebend. Die Heizungs-Rohrleitungen der kleinen Häuser, denen der Dampf von der Kesselanlage im grofsen Hause in unterirdischen, begehbaren Canälen zugeführt wird, waren theils unter den Seitenpflanzentischen, theils unter den staffelförmig angeordneten Mittelpflanzentischen und bei den ungleichseitigen Häusern in Fufsbodencanälen angenommen, die Warmwasserkessel hatten ihre Aufstellung unter dem Fufsboden der Verpflanz-

räume erhalten. Um dabei die nöthige Steigung für den Umlauf des Wassers zu erzielen, war es nöthig, mit jenem Fufsboden unter die Höhe des höchsten Grundwasserstandes hinabzugehen; es ist aber leider bei der Bauausführung nicht gelungen, die Räume wasserdicht herzustellen, und so mufsten die Kessel in den Gewächshäusern selbst unter den Pflanzentischen aufgestellt werden, während die Heizrohre gröfstentheils über dieselben gelegt worden sind. Die Querschnittsverhältnisse der Häuser waren dieser Umgestaltung noch günstig genug, denn sie gestatteten die nunmehr über den Pflanzentischen liegenden Heizrohre durch kleine Hülfstabletten zu verdecken, sodafs die Erscheinung der Häuser keine Einbufse erlitten hat. Es bleibt nur die Frage, ob die Unterbringung der Warmwasserkessel innerhalb der Pflanzenräume nicht von Nachtheil ist, namentlich für die langen Uebergangszeiten im Herbst und Frühling, wo die Wärme-Regelung der Häuser infolge der in den Kesseln aufgespeicherten grofsen Wärmemengen voraussichtlich erschwert sein wird. Eine Aushülfeheizung, wie sie für den Fall einer Störung des Dampfkesselbetriebes früher vorgesehen war, ist bei der neuen Anordnung nicht mehr vorhanden.

Warmwasserpflanzenhaus.

Das Warmwasserpflanzenhaus ist nach einem Bauplan ausgeführt, der einem älteren, von Unterzeichnetem unter der Annahme gröfserer Abmessungen aufgestellten Entwurfe nachgebildet worden ist. Das Gebäude (Abb. 5 u. 6) zeigt bei einer zwölfeckigen Grundrifsform von 12 m Durchmesser ein mittleres, 7 m (früher etwa 10 m) weites und 50 cm tiefes, für die Pflege der Victoria regia bestimmtes Wasserbecken, welches zur Aufnahme des die Pflanze treibenden Erdbodens in der Mitte noch eine weitere Vertiefung von 50 cm hat. Am Umfange des Hauses ist ferner ein an den schmalsten Stellen noch 0,71 m breites, ringförmiges Becken angebracht, und zwischen diesem und dem Mittelbecken läuft ein 0,96 m breiter Gang hin. Die Lüftung geschieht durch Klappen in den senkrechten Wänden über dem Ringbecken und in dem mittleren Dachaufbau. Für die Erwärmung ist in einem niedrigen Anbau eine besondere Heizkesselanlage derart eingerichtet, dafs das kleine Gebäude, neben der nur kurze Zeit währenden, hauptsächlichen Benutzungsort als Victoria regia-Haus, im Winter auch als gewöhnliches Warmhaus verwendet werden kann. Zu diesem Zwecke sind einerseits Heizrohre auf den Böden der Wasserbecken verlegt zur Erwärmung des Wassers, welches dann die erforderliche Wärme an den Raum abgiebt, andererseits sind in freilich wenig schöner Weise starke Rohre vor den Glaswänden des Hauses hingeführt worden, welche im Winter zur unmittelbaren Erwärmung der Luft dienen. Noch mufs erwähnt werden, dafs das ringförmige Wasserbecken infolge der Bewegung der eisernen Dachconstruction und wahrscheinlich auch infolge des angewandten Cementes bald nach Fertigstellung des Baues zersprungen ist. Es wäre besser gewesen, das Mauerwerk des Beckens von Anfang an etwa nach Abb. 7 von den Umfassungswänden loszutrennen, wie es nachträglich bei Neuherstellung des Ringbeckens auch geschehen ist.


Abb. 7.

Ueber die neuerdings erbauten zwölfeckigen Pflanzenhäuser, welche an Stelle der kleinen Häuser *e*, *e* des Lageplanes im Zusammenhang mit dem erwähnten Verbindungsgang ausgeführt worden sind, behält sich der Erbauer, Herr Regierungs-Baumeister Bleich, besondere Mittheilung vor. Es sei der Vollständigkeit wegen hier nur erwähnt, dafs dieselben fast genau die Gröfse und äufsere Form des Warmwasserpflanzenhauses erhalten haben. Sie weisen einen ringsum laufenden breiten Pflanzentisch und in der Mitte eine kiesbedeckte Erhöhung auf, unter welcher der Heizkessel aufgestellt ist.

Ferner ist von einem im Anschlufs an den ostwestlichen Zug des Verbindungsganges der Sternwarte erbauten „Schattendache" zu erwähnen, dafs dasselbe den Zweck verfolgt, Pflanzen in vollkommen schattiger Lage, wie etwa unter dem dichten Laubdache von Wäldern, zu züchten. Es ist deshalb

Kosten-Zusammenstellung für:	d. Institutsgebäude	d. grofse Gewächshaus	d. kleinen Gewächshäuser	d. Warmwasserpflanzenhaus
Tit. I. Erdarbeiten	641,37	831,68	1 160,35	211,65
„ II. Maurer- und Steinmetzarbeiten	149 281,78	50 054,56	10 657,73	6 599,38
„ III. Asphaltarbeiten	530,52	386,74	33,30	27,72
„ IV. Zimmerarbeiten	22 510,66	2 923,82	492,98	137,24
„ V. Schmiede- und Eisenarbeiten	6 272,27	53 352,81	14 741,55	2 897,24
„ VI. Klempnerarbeiten	4 054,96	} 2 499,36	748,87	508 07
„ VII. Dachdeckerarbeiten	4 993,83			
„ VIII. Gipserarbeiten	7 424,59	322,57	—	—
„ IX. Tischlerarbeiten	16 130,73	1 474,02	737,79	102,00
„ X. Schlosserarbeiten	4 770,61	919,06	188,70	58,80
„ XI. Glaserarbeiten	1 484,82	7 712,93	2 329,69	880,66
„ XII. Anstreicher- und Tapezierarbeiten	3 720,08	1 890,28	364,44	179,03
„ XIII. Ofenarbeiten und Heizungsanlage	10 072,53	} 43 196,70	6 423,63	4 803,89
„ XIV. Wasserleitung und Entwässerung	4 208,91			
„ XV. Gasleitung	5 006,88	—	—	—
„ XVI. Pflasterarbeiten	534,47	386,82	667,44	35,43
„ XVII. Insgemein	15 730,14	14 896,65	3 265,11	2 494,15
Summe *M*	257 369,15	180 858,00	41 811,58	18 935,26

eine jalousieartige Anordnung der Dachfläche gewählt, welche Himmelslicht und Regen frei einfallen läfst, während es den Zutritt des unmittelbaren Sonnenlichtes abhält.

Den Schlufs der Bauanlagen im botanischen Garten bildet endlich das Freilandaquarium, welches vor der Gewächshausterrasse angelegt ist und aus gemauerten und cementirten Becken besteht, in welchen die Pflanzen unter fortwährendem Durchflufs frischen Wassers, wie bei Bächen, gehalten werden. Die äufseren Becken werden von der Wasserleitung, die inneren mit Regenwasser gespeist.

Der Entwurf zu dem auf Seite 585 bis 588 des vorigen Jahrganges besprochenen botanischen Institute sowohl wie zur Gartenanlage und zu den Gewächshäusern, soweit sie hier ausführlicher behandelt worden sind, ist von dem Unterzeichneten bearbeitet worden und zwar gemäfs den Absichten des derzeitigen Instituts-Directors, Herrn Prof. Dr. de Bary, sowie unter dem Beirathe des Herrn Universitätsgärtners Grün. Der Sachkunde des letzteren, der auch die gesamte Herstellung und Anpflanzung des Gartens, sowie die Aufstellung in den Gewächshäusern durchgeführt hat, werden mancherlei werthvolle Angaben und Anregungen für die Gestaltung der Bauwerke verdankt.

Für die besondere Bearbeitung der Eisenconstructionen stand dem Unterzeichneten der Baumeister Bergfeld zur Seite, welcher auch die Fertigstellung der im Jahre 1877 begonnenen und im Herbste 1882 vollendeten Ausführungsarbeiten vom Frühjahr 1881 ab übernahm.

Die Kosten für die Anschüttung des Gartens und die Herstellung der Anpflanzungen können leider nicht mitgetheilt werden, dagegen belaufen sich diejenigen für die in der Zusammenstellung auf Seite 209/210 angeführten Bauten auf etwa 500 000 ℳ und vertheilen sich in der dort angegebenen Weise.

H. Eggert.

Der Weichselhafen Brahemünde und die Canalisirung der Unterbrahe.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 34 bis 37 im Atlas.)

1. Wirthschaftliche Bedeutung der Unterbrahe.

Die Unterbrahe, d. i. die 12 km lange unterste Strecke der Brahe zwischen der Stadt Bromberg und ihrer Einmündung in die Weichsel, ist dadurch von gröfserer wirthschaftlicher Bedeutung, dafs sie ein wichtiges Glied in der Kette der Wasserstrafsen bildet, welche Weichsel und Oder mit einander verbinden. Die Schiffe und Flöfse gelangen nämlich von der Weichsel zunächst auf der Bergfahrt der Brahe bis Bromberg, wo ein Mühlenstau für die grofsen fiscalischen Seehandlungsmühlen und eine Kammerschleuse sich befinden; letztere bildet die Grenze zwischen der Ober- und Unter-Brahe. Dicht oberhalb dieser Schleuse, der sogenannten Stadtschleuse, mündet der etwa 26 km lange Bromberger Canal, dessen östliche, nach der Oberbrahe abfallende Treppe sieben Schleusen mit einem Gesamtgefälle von 23,16 m besitzt, während die westliche, nach der Netze unweit der Stadt Nakel abfallende Treppe zwei Schleusen mit einem Gefälle von 4,1 m enthält. Zwischen den beiden Canaltreppen befindet sich die 16 km lange Scheitelhaltung. Im Anschlufs an den Bromberger Canal ist die Netze auf 17 km Länge mittels zweier Wehre nebst Kammerschleusen canalisirt, weiter abwärts wird der Thalweg der Netze bis zur Einmündung in die Warthe oberhalb Landsberg und alsdann die Warthe bis zu ihrer Einmündung in die Oder bei Küstrin verfolgt.

Die grofse Bedeutung dieser Wasserstrafse beruht darin, dafs auf ihr vorzugsweise die Bauhölzer aus den ausgedehnten polnischen Wäldern nach Berlin und anderen Handelsplätzen, namentlich Stettin und Hamburg, befördert werden, welch' letztere beide auch einen bedeutenden Ausfuhrhandel mit polnischen Weichselhölzern betreiben. Die Hölzer werden fast ausschliefslich in Flöfsen fortbewegt, deren Abmessungen durch die Schleusen des Bromberger Canals bestimmt sind. Demgemäfs dürfen die Flöfse höchstens 30 m Länge, 3,5 m vordere, 4 m mittlere und 4,3 m hintere Breite haben, oder bei rechteckigem Verbande höchstens 3,9 m Breite, indem alsdann zwei Flofstafeln neben einander in den zweischiffigen Schleusen Platz finden. Diese können Flöfse von 60 bis 70 m Länge aufnehmen. Für die Fortschaffung auf der Weichsel werden die kleineren Flöfse zu gröfseren Tafeln von durchschnittlich 100 m Länge und 17 m Breite, d. h. der vierfachen Breite der Canalflöfse, zusammengestellt.

2. Nothwendigkeit des Hafens.

Das auf der Weichsel und ihren Nebenflüssen herangeflöfste Holz trifft, da letztere grofsentheils nur im Frühjahre wasserreich sind und es auch vortheilhaft ist, die im Winter gefällten Stämme möglichst bald an den Bestimmungsort zu bringen, hauptsächlich in der Zeit von Mitte April bis Ende Mai auf der preufsischen Weichsel ein. Da die Leistungsfähigkeit des Bromberger Canals durch das Füllen und Leeren der Schleusen eingeschränkt, auch wohl durch Wassermangel und andere Störungen beeinträchtigt wird, so ist es, obgleich der Betrieb Tag und Nacht ununterbrochen stattfindet, nicht möglich, grofse Ansammlungen von Flöfsen zu verhindern. Diese mufsten daher, da es an anderen geeigneten Liegeplätzen fehlte, auf der Weichsel zwischen Thorn und der Brahemündung den Zeitpunkt ihres Einschleusens monatelang abwarten und blieben während dieser Zeit allen Gefahren des Hochwassers ausgesetzt, welches aufser im Frühjahre auch Ende Juni einzutreten pflegt. Abgesehen hiervon erwuchsen schon durch das Bewachen und Befestigen der Hölzer, durch die Schwierigkeiten, welche bei sehr niedrigen Wasserständen durch das sogenannte Auftrocknen entstanden, wobei sich der Verband lockerte, die gröfsten Unkosten. In manchen Jahren gelang es überhaupt nicht, die für den Bromberger Canal bestimmten Hölzer vor dem Winter einzuschleusen. Die Flöfse mufsten dann, soweit sie nicht auf den Wasserflächen des Canals und der Brahe sicheres Unterkommen für den Winter fanden, auf das Ufer gebracht und im nächsten Frühjahre von neuem verbunden werden.

Da aller dieser Umstände wegen, durch welche der Holzhandel aufs schwerste geschädigt wurde, jedermann bestrebt war, seine Flöfse möglichst bald einzuschleusen, so sah sich die Verwaltung des Bromberger Canals genöthigt, ein zum Theil noch bestehendes weitläufiges Anmeldeverfahren einzuführen, nach dem jede, gewöhnlich aus mehreren Weichselflöfsen bestehende Holzsendung eine sogenannte Tournummer in Gemäfsheit ihres Eintreffens auf der Weichsel bei Thorn erhält und jede einzelne Flofstafel vermessen, mit fortlaufender Nummer bezeichnet und gebucht wird. Schon seit länger als dreifsig Jahren, wo der Holzverkehr einen grofsen Aufschwung nahm, trat die Nothwendigkeit der Anlage eines **Hafens** zur Ansammlung und Sicherung der für die Beförderung auf dem Bromberger Canal bestimmten Flöfse immer dringender hervor. Durch einen solchen Hafen sollte zugleich ein Winterhafen für die Weichselkähne geschaffen und eine regelmäfsige, ununterbrochene Zuführung der Hölzer nach dem Bromberger Canale ermöglicht werden. Bei ungünstigen Wasser- und Witterungsverhältnissen konnte eine solche Zuführung nämlich sehr oft nicht erreicht werden, weil alsdann sowohl bei dem Hinschaffen der Flöfse von ihren Lagerplätzen auf der Weichsel bis zur Brahemündung, als auch bei ihrem Einbringen in die Brahe, wobei sie geschwenkt werden mufsten, leicht Störungen vorkamen. Wegen dieses Umstandes erschien es nothwendig, den Hafen unmittelbar an der Brahemündung und nicht etwa oberhalb derselben an der Weichsel anzulegen. Nur dann liefs sich mit einem Hafen auch die so nothwendige Ueberwachung in Bezug auf das Einlassen der Flöfse entsprechend ihrer Tournummer erreichen, während in jedem anderen Falle leicht in dunkeln Nächten unberechtigte Flöfse aus Versehen oder Absicht in die Brahe gelangen konnten, wo ihre Zurückweisung nicht möglich war, ohne Stockungen in dem Verkehr hervorzurufen.

3. Die Unterbrahe und ihre früheren Regelungsbauten.

Aber auch die Unterbrahe bereitete der Schiffahrt und namentlich der stromaufwärts betriebenen lebhaften Flöfserei durch ihr grofses, unregelmäfsig vertheiltes Gefälle, durch scharfe Krümmungen, durch ein enges Fahrwasser mit unzureichender Tiefe, sowie durch den mangelhaften Zustand des Leinpfades die gröfsten Schwierigkeiten. Beim mittleren Wasserstande der Brahe betrug das durchschnittliche **Gefälle** etwa 1:2400; dasselbe war jedoch höchst unregelmäfsig vertheilt, es betrug nämlich auf der obersten, 360 m langen Strecke von der Stadtschleuse (bezw. der Seehandlungsmühle) bis zur Danziger Brücke, wo ein sehr enges Fahrwasser vorhanden ist, 1:750, im Anschlusse daran innerhalb der Stadt Bromberg 1:7640 und 1:9650, schwankte alsdann wiederholt zwischen 1:1200 bis 1:3700 und betrug auf der letzten, 1,5 km langen Strecke oberhalb der Brahemündung 1:1870. Diese Unregelmäfsigkeit wurde hauptsächlich durch Steinriffe hervorgerufen, bestehend aus Granitfindlingen von zum Theil bedeutender Gröfse, welche in zähem Thonboden gebettet sind. Die Riffe waren zwar im Laufe der Zeit durch Beseitigen der Steine mittels grofser Zangen erheblich vermindert worden, doch blieb das Fahrwasser zwischen ihnen trotz Auszangens und Baggerns stets eng, gewunden und von unzulänglicher Tiefe. Die Riffe sind nämlich zum Theil auf einer Moorunterlage gebettet, welche sich nach Beseitigung der oberen Steine infolge des durch die Ufer ausgeübten Druckes wieder hob. Auf der oberen Strecke war eine Ausbaggerung der Flufssohle behufs Herbeiführung eines geringeren und gleichmäfsigen Gefälles wegen der Stadtschleuse nicht ausführbar, weil der Unterdrempel derselben nur noch 1,4 m unter dem mittleren und nur 1 m unter dem kleinen Sommerwasserstande lag und diese ohnehin geringfügige Wassertiefe noch durch die Abfälle der Rinde von den Flofshölzern vermindert wurde. Jede Senkung des Wasserspiegels hätte also die Schleuse aufser Betrieb gebracht, auch würde solche Senkung wegen der sehr flach liegenden Roste mehrerer Mühlen- und Speichergebäude nicht thunlich gewesen sein.

Der **mittlere Wasserstand der Brahe** hatte sich an der Stadtschleuse seit zwanzig Jahren von 1,7 m über Null (Unterdrempel) auf 1,4 m gesenkt, was von einigen Seiten dem Einflusse der in der Tucheler Heide ausgeführten Bewässerungsanlagen zugeschrieben wurde, muthmafslich aber durch jene Auszangungen und Ausbaggerungen, sowie durch eine Senkung der Sohle infolge der heftigen, von den Seehandlungsmühlen kommenden Strömungen hervorgerufen ist. Die niedrigsten Wasserstände an jenem Pegel sanken bis zum Jahre 1857 nicht unter 1,25 m herab, seit jenem Jahre wurden jedoch häufiger niedrigere Wasserstände und selbst ein solcher von nur 0,88 m beobachtet; doch senkte sich der Wasserstand nur selten unter den Stand von 1,1 m.

Der Hochwasserstand an der Stadtschleuse betrug nach dem Durchschnitt der längeren Jahresreihe 2,37 m und der höchste Stand 4,1 m. Die höheren Stände, namentlich auch der zuletzt genannte, werden durch den Rückstau der Weichsel in das Brahethal hervorgerufen. Die Brahe selbst hat selten erhebliche Hochgewässer, doch ist ein solches bei gleichzeitig niedrigem Weichselwasser in einer Höhe von 2,8 m an der Stadtschleuse, d. i. 1,4 m über Mittelwasser, beobachtet, und es war daher dieser Stand von besonderer Wichtigkeit für den Entwurf.

Die **Wassermengen** betragen bei mittlerem Wasserstande 23 cbm, beim durchschnittlich niedrigsten Wasserstande etwa 15 cbm und beim höchsten Wasserstande rund 140 cbm. Das Flufsgebiet der Brahe beträgt bis Bromberg etwa 4300 qkm (76 Quadratmeilen), die Länge des Flufslaufes etwa 210 km, und im oberen Quellgebiete befinden sich viele Seeen, die eine günstige Einwirkung auf die Wassermenge ausüben.

Für die unterste Strecke der Brahe ist die Weichsel von mafsgebendem Einflufs. Bei sehr niedrigem Weichselstande entsteht ein starkes Gefälle auf der letzten, 1 km langen Strecke, während bei allen höheren Weichselständen ein Rückstau erfolgt. Bei 3 m am Pegel der Brahemündung, beim Uszke-Kruge, werden schon die Flufsufer bis zur Eisenbahnbrücke, auf welcher Strecke die Brahe durch das Weichselthal fliefst, unter Wasser gesetzt; bei 3,5 m am Uszke-Pegel sind auch die Braheufer oberhalb der Eisenbahnbrücke bis Karlsdorf schon bordvoll, während der Rückstau bei einem Stande von 4,7 m sogar bis Bromberg reicht.

Die Weichsel zeigt sehr grofse Schwankungen in betreff ihres mittleren Jahreswasserstandes. Als solcher ist ein Stand von + 1 m am Uszke-Pegel anzusehen. Der kleinste Wasserstand an diesem Pegel ist zu — 0,52 m beobachtet, doch sinkt das niedrige Sommerwasser nur höchst selten unter Null herab. Der höchste Winterwasserstand vom 1. März 1871 hat sich bis 7,17 m, das Sommerhochwasser bis 6,54 m am Pegel erhoben. Bei Hochgewässern von etwa 4 m tritt eine Ueberfluthung

der linksseitigen Weichselniederung oberhalb der Brahemündung ein, deren Sommerdeich etwa 10 km oberhalb der Brahemündung nicht geschlossen ist. Eine Hochwasserströmung entwickelt sich alsdann längs der das Thal begrenzenden Chaussee, tritt unterhalb der Eisenbahnbrücke, unweit Langenau, in die Brahe und setzt sich längs des Höhenrandes von Deutsch-Fordon fort, woselbst sich eine tiefe Mulde, welche erheblich niedriger als die Uferborde der Brahe liegt, ausgebildet hat.

Nächst dem starken Gefälle bereiteten die starken Krümmungen des Flusses der Schiffahrt und Flöfserei grofse Schwierigkeiten. Im Jahre 1860 waren, von kleineren Unregelmäfsigkeiten abgesehen, zwölf starke Krümmungen vorhanden, bei denen der Krümmungshalbmesser des ausbuchtenden Ufers nur 30 bis 80 m betrug. Seit jener Zeit hatten sich allerdings die Flufsufer erheblich verändert, und zwar nicht etwa, wie dies bei anderen Flüssen der Fall zu sein pflegt, durch die Angriffe der Strömung in Verbindung mit Eisgang und Wellenschlag, sondern vielmehr durch die Angriffe der Flöfse. Diese wurden nämlich durch die Zugleinen der Pferdetreiberei gegen das linke (Leinpfads-) Ufer gezogen, welches, in der Wasserlinie durch die Flöfse abgestofsen und abgeschliffen, an der Kante durch die Leinen abgeschabt wurde, bis sehr bald eine Unterhöhlung und ein Abstürzen eintrat. Am meisten wurden die ausbuchtenden Ufer in dieser Weise abgebrochen. Im Jahre 1870 war daher der Krümmungshalbmesser bei der sogenannten Langenauer Ecke unterhalb der Eisenbahnbrücke bei Brahnau nur noch etwa 50 m und an den übrigen Stellen nur noch 70 m. Ferner war in den Jahren 1871 und 1872 als Vorbereitung zu dem Canalisirungsentwurfe eine Abgrabung der schlimmsten Ausbuchtungen, in Verbindung mit Buhnen- und Parallelwerksbauten, in solchem Umfange vorgenommen, dafs der Krümmungshalbmesser im Fahrwasser mindestens 135 m betrug. Gleichzeitig war oberhalb der Eisenbahnbrücke bei Brahnau ein längerer Durchstich ausgeführt.

Als Normalbreite der Brahe wurde bei den Regelungsbauten in früheren Jahren eine Wasserspiegelbreite von 26,4 m in den geraden Strecken und von 30,1 m in den stärkeren Krümmungen angenommen, doch war diese Breite zu grofs, um die gewünschte Tiefe von 1,4 m in genügender Breite zu erhalten. Bei der als Einleitung zu den Canalisirungsbauten ausgeführten Regelung der scharfen Krümmungen wurden daher die Böschungen 4- bis 5fach unter Wasser angelegt, um ein kleines Profil zu erhalten; eine geringere Wasserspiegelbreite als 26,4 m erschien wegen des starken Verkehrs nicht zulässig, ohne Verwirrungen zwischen den Flofstafeln und Kähnen herbeizuführen. Da jene flachen Böschungen durch die Flöfse auch bald abgerieben, also das Profil erweitert wurde, so stellte sich thatsächlich eine kaum den bescheidensten Ansprüchen genügende Tiefe des Fahrwassers ein. Nur im Frühjahre, bei reichlichem Wasser, vermochten die Schiffe bis zu 1 m Tiefe zu laden, in den trockenen Sommermonaten blieben sie aber oft bei Eintauchungstiefen von 0,8 m längere Zeit in den engen, stark gekrümmten Theilen des Fahrwassers liegen, und selbst tief gehende Eichenholz-Flöfse konnten dann nur mit Schwierigkeiten befördert werden.

Bei der bisherigen Regelung des Fahrwassers waren Faschinendeckwerke oder Steinböschungen am linken oder Leinpfads-Ufer an denjenigen weniger stark gekrümmten oder geraden Strecken angelegt worden, deren weiteres Abbrechen gehindert werden sollte. Zum Theil waren zu demselben Zweck auch kürzere, gewissermafsen als Prellpfähle wirkende Buhnen erbaut, doch litten diese durch die Stöfse der Flöfse so sehr, dafs sie nur schwierig unterhalten werden konnten. Steine wurden aus ihrer Lage gestofsen, selbst die stärksten Pfähle bald verrückt. An den stark ausbuchtenden Stellen des linken Ufers wurden keine Befestigungen vorgenommen, indem das weitere Abschleifen derselben einer allmählichen Begradigung des Flusses zu statten kam. Da das linke Ufer in stetem Zurückweichen begriffen war, so sah man sich genöthigt, am rechten Ufer, namentlich in den dortigen Einbuchtungen, gegenüber den stark abbrechenden linksseitigen Ausbuchtungen, Buhnen anzulegen, um die vorschriftsmäfsige Breite und durch diese die genügende Tiefe festzuhalten. Durch die Buhnen wurde allerdings auch der Angriff auf das ohnehin so stark leidende linke Ufer verstärkt. Die Schwierigkeit der Erhaltung des letzteren wurde noch dadurch erhöht, dafs das Ufer auf längeren Strecken auf moorigem Untergrunde gebettet war, in welches die Deckwerke und Steinböschungen versanken. Die letzteren hatten nur längere Dauer, falls sie auf festem Untergrunde und aus sehr grofsen Granitfindlingen derartig hergestellt waren, dafs weder das Flofs noch die Leine den einzelnen Stein anzugreifen vermochten.

Die Fläche des Leinpfades befand sich gleichfalls in schlechtem Zustande. Als mittlere Breite wurde ein Streifen von 3,75 m Breite durch Bekiesung unterhalten, an quelligen Ufern auch wohl durch einen Graben begrenzt. Unter den Hufen der auf das stärkste in Anspruch genommenen Pferde, welche Tag und Nacht die Schiffe und Flöfse stromaufwärts ziehen mufsten, versank der Kies sehr bald in den moorigen Untergrund, sofern er nicht von den Leinen in den Flufs gerissen war. Während der nassen Jahreszeit, also namentlich im Spätherbste, war der Leinpfad an einzelnen zugleich moorigen und quelligen Strecken trotz des eingebrachten Knüppeldammes und der unausgesetzten Bekiesung zuweilen so grundlos, dafs die Pferde tief einsanken, die Beförderung und mit dieser die Thätigkeit an den Canalschleusen ins Stocken kam. Die Besitzer der linksseitigen Grundstücke, auf denen das Leinpfadsrecht als Last (Servitut) ruhte, litten zum Theil erheblich unter diesen Verhältnissen. Sobald der eigentliche Leinpfad schwer passirbar war, wurden die Zugthiere auf den daneben befindlichen Uferstreifen und, sobald auch dieser durchgetreten war, immer weiter landwärts getrieben. Erhöht wurden diese Schwierigkeiten noch, falls einzelne Theile des Leinpfades bei höheren Weichselständen durch den Rückstau des Wassers überfluthet wurden.

4. Verkehrsverhältnisse der Unterbrahe.

Der Verkehr, welcher sich auf dem Leinpfade der Unterbrahe entwickelt, ist ein sehr bedeutender. Bei jeder Kahnfüllung vermögen die Schleusen des Bromberger Canals zwei finowcanalmäfsige Kähne, d. h. Kähne von 4,55 m Breite und 40,1 m Länge, welche nach dem Finowcanale bemessen sind und die gewöhnlichen Fahrzeuge des Bromberger Canals bilden, aufzunehmen. Bei jeder Holzfüllung können je nach der Länge der einzelnen Tafeln 50 bis 75 lfde m Flöfse von höchstens 3,9 m mittlerer und 4,3 m hinterer Breite Platz finden. Die Menge ist deshalb verschieden, weil die Häupter der älteren, schon im vorigen Jahrhundert erbauten zweikahnigen Schleusen nicht

versetzt, sondern in der Achse der Kammer, welche sich nach den Häuptern zu verjüngt, angelegt sind. Je kleiner die Tafeln, um so besser können sie diese Verjüngung der Kammer ausfüllen. Die von der Oberbrahe, namentlich aus den Wäldern der Tucheler Heide kommenden Hölzer werden nun zwar nicht auf der Unterbrahe befördert, dafür ist aber noch der beträchtliche Verkehr hinzuzufügen, welcher durch die Bedürfnisse der Stadt Bromberg, sowie namentlich durch die dortigen zahlreichen Holzschneidemühlen herbeigeführt wird. Da ferner Kähne und Flöfse, von den letzteren aber Oberbrahe- und Weichselhölzer, abwechselnd schleusen, so gelangen zwar die Kähne und Oberbrahehölzer ohne erheblichen Aufenthalt durch den Canal, nicht aber die Weichselhölzer, welche sich ansammelten und deshalb in den späteren Sommermonaten fast ausschliefslich geschleust wurden. In günstigen Monaten sind etwa 1700 Schleusenfüllungen in einem Monat gemacht, oder durchschnittlich täglich 56 Füllungen; an besonders günstigen, von Störungen jeder Art befreiten Tagen wurden mehr als 60 Füllungen bewirkt, entsprechend einer Holzmenge von etwa 4000 lfde m. Vor Ausführung der Regelung wurde das zu einer Schleusenfüllung gehörige Holz in zwei Theilen oder „Treiben" von etwa 30 bis 40 lfde m von je 4 bis 6 Pferden gezogen, sodafs bei der täglichen Leistung von 60 Füllungen 120 Treiben und etwa 500 bis 600 Pferdeleistungen allein zur Versorgung des Bromberger Canals nöthig waren, wozu dann noch die Erfordernisse für die Sägemühlen und die Stadt Bromberg traten. Für ein solches Treiben oder für einen Kahn zahlte man durchschnittlich 30 ℳ Treiberlohn. Nach Ausführung der Regelung konnte man etwas längere Treiben gestatten, wodurch die Anzahl der für die Pferdetreiberei erforderlichen, nur schwer in genügender Anzahl immer zu beschaffenden Pferde sich verminderte. Seit dem Jahre 1870 wurde seitens eines Bromberger Kaufmanns eine Kettenschleppschiffahrt mittels zweier Kettenschleppdampfer ins Leben gerufen. Die Dampfer vermochten jedoch nur einen verhältnifsmäfsig sehr geringen Theil der täglich zum Schleusen erforderlichen Holzmenge zu befördern, da sie ihre volle Kraft auf dem engen, stark gekrümmten Fahrwasser nicht ausnutzen konnten. Sie sind deshalb später hauptsächlich zum Einbringen der Hölzer von der Weichsel in den unteren Theil der Brahe benutzt worden.

5. Geschichte des Entwurfs.

Schon im Jahre 1849 wurden die Schwierigkeiten, welche die Unterbrahe dem Verkehre bereitete, so lebhaft empfunden, dafs die Königliche Staatsregierung zwei Entwürfe ausarbeiten liefs, nämlich für einen am linken Ufer der Brahe von oberhalb der Stadtschleuse bis zur Brahemündung anzulegenden Canal und für die Canalisirung der Brahe mittels Wehre. Der erstere Entwurf, vom Wasser-Bauinspector Orthmann aufgestellt, wurde wegen der tiefen Einschnitte des Canals, in denen man bei der thonigen Beschaffenheit des Bodens Rutschungen befürchtete, und wegen der grofsen, namentlich durch den Grunderwerb entstehenden Kosten abgelehnt.

Seit dem Jahre 1856 traten die Klagen über die empfindlichen Verluste, welche dem Handel durch die Ansammlung der Hölzer auf der Weichsel erwuchsen, immer lebhafter hervor; namentlich verlangten grofse Handelshäuser in Stettin dringend die Anlage eines Sicherheitshafens, welchen man anfänglich auf der Höhe unweit der Brahemündung in Verbindung mit einem Canale, später an der Brahe unweit Bromberg, und endlich im Weichselthale, in der Nähe der Brahemündung, herstellen wollte. Diese Klagen erhielten durch das Sommerhochwasser von 1867, welches grofse Mengen von Flofshölzern verschwemmte, von neuem Nahrung. So wurde denn seitens des Unterzeichneten zuerst im Jahre 1869 der Entwurf einer Canalisirung der Unterbrahe in Verbindung mit der Anlage eines Sicherheitshafens an der Brahemündung aufgestellt, welcher, entsprechend den damaligen Bedürfnissen, nur einen etwa 25 ha grofsen Hafen in Aussicht nahm, im Jahre 1874 aber für einen Hafen von etwa 70 ha Gröfse ebenfalls von dem Unterzeichneten umgearbeitet wurde.

Auf Grund dieses Entwurfs ist in den Jahren 1877 bis 1879 die Ausführung erfolgt, wobei die Bauleitung sowie die Bearbeitung der Einzelentwürfe für die Canalisirung dem damaligen Regierungs-Baumeister Kröhncke und für die Hafenanlage dem damaligen Regierungs-Baumeister Kirch oblag. Die Ausführung der Canalisirungsanlagen geschah seitens der Königlichen Regierung in Bromberg unter der Oberleitung des Regierungs- und Bauraths Muyschel in Bromberg, der Hafenanlage nebst Hafenschleuse seitens der Bromberger Hafen-Actiengesellschaft unter Oberleitung des Unterzeichneten.

6. Bromberger Hafen-Actiengesellschaft.

Die Königliche Staatsregierung hielt es nämlich für angemessen, die Hafenanlage durch die an dem Holzhandel Betheiligten ausführen zu lassen. Es war, da ähnliche Gesellschaften für solche Zwecke in Deutschland nicht bestehen, keine leichte Aufgabe, eine Actiengesellschaft ins Leben zu rufen, aus deren Mitteln der Gesamtentwurf bearbeitet, die Hafenanlage unter Beihülfe des Staats gebaut, und letztere nach Verlauf einer Zeitdauer von 74 Jahren zu Gunsten des Staats durch allmähliche Auslosung der Actien abgelöst werden sollte. Es gelang dies dem früheren Leiter und Mitinhaber des gröfsten Berliner Handelshauses auf dem Gebiete des Holzhandels, Herrn Theodor Müller in Berlin, durch dessen rastlose und uneigennützige Bemühungen eine gröfsere Anzahl von Holzgeschäften zum Zeichnen von Actien veranlafst wurde. Das Gesellschaftscapital beträgt $1^1/_2$ Millionen Mark und erhält aus den Einnahmen des Betriebes bis zu 5 Procent Zinsen, während die Ueberschüsse in verschiedene Reservefonds fliefsen. Die Einnahmen werden gedeckt durch das Schleusengeld der Hafenschleuse und durch das Hafengeld.

Es ist zu entrichten:

A. An Schleusengeld für die Bergfahrt der Brahe von Flofsholz:

1. für eine ganze Schleusenfüllung . . . . 50 ℳ,

2. bei geringeren Mengen als $^1/_4$ Schleusenfüllung von je 10 qm der Oberfläche . . . . 0,60 ℳ;

von Schiffsgefäfsen für je 1500 kg Tragfähigkeit:

1. von beladenen Schiffen . . . . 0,10 ℳ,

2. von unbeladenen Schiffen . . . . . . 0,05 ℳ.

B. An Hafengeld bei einer Liegezeit bis zu 30 Tagen Dauer:

1. für eine ganze Schleusenfüllung . . . . 20 ℳ,

2. bei geringeren Mengen als $^1/_4$ Schleusenfüllung von je 10 qm der Oberfläche . . . . 0,25 ℳ.

Bei einer Liegezeit von längerer Dauer ist aufserdem zu entrichten für weitere je drei Tage Liegezeit:

1. für eine ganze Schleusenfüllung . . . . . 2 ℳ,
2. bei geringeren Mengen als $^1/_4$ Schleusenfüllung von je 10 qm der Oberfläche . . . . 2,5 ₰.

Eine Schleusenfüllung ist zu 928 qm Oberfläche mit Einschlufs des Flottwerks und Wasserraumes angenommen.

Dieser Gebührensatz mag auf den ersten Blick hoch erscheinen, zumal beim Bromberger Canal weit niedrigere Sätze erhoben werden. Thatsächlich sind die Vortheile, welche durch die Anlage eines Sicherheitshafens und durch die Canalisirung der Unterbrahe entstehen, erheblich höher zu veranschlagen. Die Bewachung eines Holztransportes von etwa 2000 qm erforderte zwei Mann und an Kosten monatlich 180 ℳ, während das Hafengeld für einen Monat nur etwa ein Drittel dieses Betrages ausmacht und dafür zugleich vollkommene Sicherheit gegen alle Gefahren gewonnen wird. Das Schleusengeld bildet nur einen Bruchtheil derjenigen Ersparnisse, welche durch die verminderten Treidelkosten erwachsen, nachdem das Gefälle der Brahe fast ganz aufgehoben ist, also nur geringe Zugkräfte aufzuwenden sind.

Nicht hoch genug können aber die Vortheile angeschlagen werden, welche dem Holzhandel durch die Sicherheit erwachsen, mit der jetzt überhaupt Geschäfte abgeschlossen werden können, während früher die Gefahren und die Unsicherheit so grofs waren, dafs sie jeder kaufmännischen Berechnung spotteten.

7. Die Hafen- und Canalisirungsanlage im allgemeinen.

Die grofse, am linken Ufer der Brahe und durchschnittlich etwa 1,5 m über dem mittleren Wasserspiegel derselben gelegene Wiesenfläche, welche sich von der Eisenbahnbrücke bei Brahnau bis zur Weichsel erstreckt, durch Anspülungen dieses Flusses entstanden ist und an der Landseite durch den sandigen Höhenrand begrenzt wird, ist als Hafenfläche eingerichtet worden. Zur Abhaltung der Strömung und des Eisganges ist ein hochwasserfreier Hauptdeich unweit der Brahe und der Weichsel, sowie von diesem Hauptdeiche aus ein gleichfalls hochwasserfreier Querdeich bis an den Höhenrand gezogen. Der erstere erstreckt sich jedoch nicht bis an den Höhenrand, läfst vielmehr an beiden Enden gröfsere Lücken, sodafs die beiden durch den Querdeich gebildeten Flächen, in denen die Häfen ausgehoben und als Aufsen-, bezw. Binnenhafen bezeichnet sind, in offener Verbindung mit der Weichsel bezw. mit der Brahe stehen. Die Verbindung der beiden Hafenflächen geschieht durch eine Kammerschleuse von solcher Gröfse, dafs die von der Weichsel kommenden und sich im Aufsenhafen ansammelnden Flöfse ohne Aufenthalt nach ihren Lagerplätzen im grofsen Binnenhafen weiter befördert werden können. Diese Lagerplätze verlassen dieselben erst an dem Tage, an dem sie zum Einschleusen in den Bromberger Canal berechtigt sind. Um den grofsen Binnenhafen nur in geringer Tiefe ausheben zu müssen, ist unterhalb der Einmündung dieses Hafens in die Brahe ein Nadelwehr erbaut, durch welches die Brahe und der Binnenhafen um 1,7 m aufgestaut und erstere zugleich bis Karlsdorf canalisirt wird. Eine Kammerschleuse ist neben diesem Wehre nicht angeordnet. Die Brahe ist mithin für den Verkehr gesperrt, welcher sich ausschliefslich durch die im Querdeiche liegende Hafenschleuse, somit durch den Hafen bewegen mufs. Erst an der Eisenbahnbrücke gelangen die Fahrzeuge und Flöfse in die Brahe; sie vermeiden also die untere, 2200 m lange, mit schwierigen Krümmungen behaftete Flufsstrecke, an deren Stelle die ganz ruhige Fahrrinne des Hafens (die Hafenstrafse) tritt. Der in der Hafenschleuse zu überwindende Wasserstands-Unterschied der beiden Hafenflächen setzt sich aus der Stauhöhe des Wehres und dem natürlichen Gefälle der Brahe und der Weichsel von der Eisenbahnbrücke bei Brahnau bis zur Mündung des Aufsenhafens in die Weichsel zusammen und beträgt bis 3,87 m.

Bei Karlsdorf, woselbst der von dem unteren, dem sogenannten Hafen-Wehre ausgeübte Stau nur noch etwa 0,5 m beträgt, ist ein zweites Wehr nebst Schleuse in einer Krümmung des linken Ufers erbaut, dessen Stauspiegel sich etwa 2,5 m über den bisherigen mittleren Wasserspiegel oder 2 m über den Rückstauspiegel des unteren Wehres erhebt und an der Stadtschleuse bei Bromberg noch einen Stau von 0,15 m bei Mittelwasser hervorruft. Dieses Mafs ist zwar gering, konnte aber wegen des Widerspruches der Vertreter der sehr werthvollen Seehandlungsmühlen, für welche man einen nachtheiligen Rückstau befürchtete, nicht höher angenommen werden. Es ist daher das Gefälle in der obersten, 350 m langen Strecke noch immer ein ungünstiges geblieben. Für diese Strecke ist für die Abtrennung eines 11 m breiten Fahrwassers von der Brahe durch ein Leitwerk, bestehend aus einer zwischen verholmten Pfahlreihen eingetriebenen niedrigen Spundwand, zwar ein Entwurf gefertigt, derselbe ist aber in Rücksicht auf die Mühlen noch nicht zur Ausführung gebracht.

Im Brahethale, zwischen der Eisenbahnbrücke und Bromberg, sind ferner die Krümmungen noch erheblich geregelt; das linke Ufer ist, soweit dies erforderlich, 0,5 m hoch über den festgestellten Stauspiegel erhöht, zum Schutze gegen das Anstofsen der Flöfse durch Abpflasterung des oberen Theiles der Böschung befestigt und in einer Breite von 5 m als Leinpfad eingerichtet worden. Um die durch die Wehre zum Theil verloren gegangene Vorfluth wieder herzustellen, ist zwischen Bartelsee und dem Karlsdorfer Wehre ein in das Unterwasser des letzteren einmündender Entwässerungsgraben hinter dem Leinpfade angelegt. Dagegen sind die übrigen, zu niedrig gelegenen Flächen des Brahethales theils bis 0,5 m über Stauspiegel erhöht und theils zur Gewinnung von Erde (für die Erhöhung des Leinpfades und der sonstigen Flächen) in gröfserer Tiefe ausgeschachtet. Namentlich hat dieses letztere Verfahren bei den am rechten Braheufer sehr niedrig gelegenen Uferrändern stattgefunden, wodurch hier Wasserflächen gewonnen sind, die als Hafenflächen benutzt werden können. Zum Theil war eine solche Abgrabung auch erforderlich, um die Einschränkung des Hochwasserprofils, welche durch die Erhöhung des Leinpfades herbeigeführt worden ist, wieder auszugleichen.

Bei der Feststellung der Stauspiegel mufste Rücksicht genommen werden:

1. auf thunlichste Verminderung der Strömung, da der Verkehr überwiegend bergwärts gerichtet ist,
2. auf die Erdaushebung für die Hafenflächen,
3. auf die Vorfluth grofser, an der unteren Haltung gelegenen Wiesenflächen,
4. auf die Seehandlungsmühlen in Bromberg.

Die Lage der Wehre war durch Krümmungen des linken Ufers gegeben, in deren Durchstichen das untere Wehr, bezw.

das obere Wehr mit der Schleuse im Trocknen erbaut werden konnten.

Was die Bauweise der Wehre betrifft, so konnten nur sog. bewegliche Wehre geeignet erscheinen, da sich der Weichselrückstau noch 4,4 m über den Stauspiegel des unteren und 2,2 m über den des oberen Wehrs erhebt, und es wurde den Nadelwehren der Vorzug gegeben. Anfänglich sollte jedes Wehr eine Weite von 25 m erhalten und in der Sohle 0,8 m unter Mittelwasser gelegt werden; in Rücksicht auf leichtere Bedienung ist jedoch jedes Wehr mittels eines 3,6 m starken Mittelpfeilers, in welchem der Fischpafs angeordnet ist, in zwei Theile zerlegt worden. Der höhere Theil liegt 0,7 m über Mittelwasser, ist 10 m weit und trägt in je 1,15 m Entfernung schmiedeeiserne Böcke nach Poirées Bauart, wie solche u. a. auch an der Saar zur Ausführung gekommen sind, indem sich die 6,5 cm starken, 2,5 m langen Nadeln gegen wagerechte, die Böcke verbindende Schienen legen. Der 15,9 m weite, niedrigere Theil des Wehrs liegt 1,4 m tiefer, nämlich 0,7 m unter dem Mittelwasser, und besitzt in je 1,2 m Entfernung Böcke nach Art derjenigen, welche vom Ingenieur Hans bei der Canalisirung der Maas angewandt und neuerdings auch bei der Canalisirung des Mains unterhalb Frankfurt zur Ausführung gekommen sind. Die Nadeln legen sich, nach der Erfindung Kummers, am oberen Ende gegen eine Schiene, welche durch Drehung eines senkrechten Pfostens oder Bolzens mit zum Theil halbkreisförmigem Querschnitte ihr Auflager am einen Ende verliert, sodafs die sämtlichen Nadeln eines Wehrfeldes vom Wasserdrucke fortgeführt werden. Das höhere Wehr mit seinen kurzen, leicht zu bewegenden Nadeln wird zur Ausgleichung der täglichen Schwankungen benutzt. Die aus Beton mit Werksteinübermauerung hergestellten, durch Spundwände begrenzten Wehrkörper sind 7 m lang ausgeführt, aber durch kräftige, sich ober- und unterhalb anschliefsende Sturzbetten gesichert. Die Seitenmauern und der Mittelpfeiler erheben sich beim unteren Wehre 0,6 m, beim oberen Wehre 0,4 m über den Stauspiegel.

8. Der Weichselhafen.

Gröfse des Hafens.

Bei der Aufstellung des Entwurfs war die Bestimmung der Gröfse des Hafens eine schwierige Aufgabe. Es liefs sich nämlich nicht im voraus übersehen, welchen Einflufs die Anlage auf das demnächstige Eintreffen der Flöfse ausüben werde, deren Besitzer künftig nicht wie bisher befürchten müssen, dafs ihr Eigenthum sehr lange, vielleicht bis zum nächsten Jahre, auf gefährdeter Wasserfläche lagern werde. Wegen dieser Befürchtung wurde bisher von jedermann ein möglichst frühzeitiges Eintreffen erstrebt. Ferner zeigten die Jahre 1872 und 1873 infolge der aufsergewöhnlichen Handelsverhältnisse der sogenannten Gründerjahre ganz aufserordentliche Steigerungen des Verkehrs, während die vorhergehenden Jahre wegen der damaligen ungenügenden Leistungsfähigkeit des Canals nicht als Regel gelten konnten. Durch Vermehrung der Schützöffnungen in den Canalschleusen auf eine solche Gröfse, dafs die Füllung der Schleusen in etwa vier Minuten erzielt wurde, durch Verbesserung der Speisung des Canals, durch die Anlage eines Wasserschöpfwerks (Dampfmaschine mit Kreiselpumpen), sowie durch allgemeine Verbesserung der Betriebsverhältnisse*) war es nämlich gelungen, die gröfste Zahl der täglichen Schleusungen, welche bisher nur etwa 30 betragen hatte, auf das Doppelte zu heben. Endlich hängt auch die Ansammlung der Flöfse von der Lebhaftigkeit der Kahnschiffahrt und der Oberbrahe-Flöfserei ab, welche gleichfalls grofsen Schwankungen ausgesetzt sind. Es wurden nun in den Canal eingeschleust:

im Jahre 1867 = 281 133 lfde m Flöfse
„ „ 1868 = 289 677 „ „ „
„ „ 1869 = 326 920 „ „ „
„ „ 1870 = 211 937 „ „ „
„ „ 1871 = 260 404 „ „ „
„ „ 1872 = 562 780 „ „ „
„ „ 1873 = 484 592 „ „ „

Etwa das Mittel dieser Zahlen, nämlich 408 000 lfde m, ist dem Entwurf zu Grunde gelegt und dabei der nachfolgende Zu- und Abgang angenommen worden:

Im Monat	Bestand im Hafen lfde m	Zugang von der Weichsel lfde m	Abgang nach dem Canal lfde m	Bestand im Hafen lfde m
April	—	47 000	31 000	16 000
Mai	16 000	141 000	78 000	79 000
Juni	79 000	141 000	78 000	142 000
Juli	142 000	31 000	86 000	87 000
August	87 000	16 000	86 000	17 000
September	17 000	16 000	33 000	—
October	—	8 000	8 000	—
November	—	8 000	8 000	—
		408 000	408 000	

Hiernach beträgt die im Monat Juni zu erwartende gröfste Ansammlung der Flöfse 142 000 lfde m, wofür sich, falls 4,3 m als Mafs der gröfsten hinteren Breite gerechnet werden, eine Hafenfläche von 61 ha ergiebt. Diese Fläche wird von dem Binnenhafen und der Brahe, nach Abzug eines 26 m breiten Streifens für die Verkehrsstrafse, reichlich gewährt. Im Falle der Noth ist es jedoch ausreichend, nur eine 15 m breite Strafse freizuhalten, und gewähren dann der Aufsenhafen, der Binnenhafen und die Brahe zusammen sogar etwa 82 ha. Wird auch die Brahe zwischen der Eisenbahnbrücke und der Brahemündung noch hinzugerechnet, welche bei Hochwasserständen bis zu 5 m genügende Sicherheit gewährt, und aus der die Flöfse durch das alsdann geöffnete Wehr in die frei werdenden Lagerplätze der Brahe vorrücken können, so sind etwa 90 ha verfügbar.

Lage und Anordnung des Hafens.

Für die Lage des Hafens mufste als die geeignetste Fläche die am linken Braheufer gelegene, etwa 115 ha grofse Wiesenfläche erscheinen, weil sie an der einen Seite von hochwasserfreien Höhen begrenzt und derartig gelegen ist, dafs sie dem Hochwasserprofile der Weichsel entzogen werden konnte, ohne nachtheilige Rückwirkungen für das Weichselthal oder zerstörende Angriffe auf die Anlage selbst befürchten zu müssen. Die am rechtsseitigen Braheufer bei Langenau gelegene Niederung, welche ursprünglich in Frage kam, war weit ungünstiger in dieser Beziehung gelegen und aufserdem höher und kostspieliger. Was die Anordnung des Hafens in jener grofsen Fläche betrifft, so mufste es aus den folgenden Gründen am günstigsten erscheinen, denselben in der ganzen Erstreckung des Höhenrandes anzulegen:

*) Näheres in der Festschrift „Der Bromberger Canal“, von H. Garbe, Königl. Wasser-Bauinspector. Bromberg 1874. Mittler.

1. Am Höhenrande lag das Erdreich durchschnittlich 0,8 m niedriger als an den Ufern, sodafs die geringste Menge von Erdarbeiten entstand;

2. die freien Oeffnungen des Hafens zwischen dem Höhenrande und den Deichenden erhielten nur geringe Länge, was für die sichere Lage der Hölzer im Hafen zur Zeit des Hochwassers in Rücksicht auf Wellenschlag, Strömung und Eisgang günstig war;

3. das breite Vorland des Deiches bildete den werthvollsten Theil der Gesamtfläche;

4. die Hochwasserströmung der Weichsel wird am wenigsten beschränkt, sodafs auch der Deich eine sehr sichere Lage erhält;

5. bei gröfseren Beschädigungen des Deiches durch den Eisgang bildet das Vorland den besten Ersatz in nächster Nähe;

6. durch Hinausschiebung des Deiches ist eine künftige Vergröfserung der Hafenfläche unschwer zu erreichen.

Der Aufsenhafen.

Der Aufsenhafen mufste, um zu jeder Zeit, also auch bei den niedrigen Weichselständen zugänglich zu sein, sehr tief ausgehoben werden, sodafs es erwünscht schien, ihn auf das geringste Flächenmafs, nämlich auf 9 ha, einzuschränken. Dies war auch recht wohl thunlich, da er nicht etwa eine Zufluchtsstätte für die sich auf der Weichsel befindenden Hölzer bei herannahendem Hochwasser, vielmehr ein Sammelbecken vor der Schleuse bilden soll, in welches die vor der Brahe eintreffenden und nach dem Canale bestimmten Hölzer sofort einlaufen können, um dann ohne erheblichen Aufenthalt nach dem Binnenhafen, bezw. den Lagerflächen in der Brahe weiter befördert zu werden. Ohne ein solches Sammelbecken würde kein ununterbrochener Betrieb an der Hafenschleuse möglich sein. Der Aufsenhafen zerfällt in zwei Theile, in eine tiefe, die Hafenstrafse bildende Fahrrinne, welche selbst bei dem niedrigsten Weichselstande von — 0,52 m am Uszke-Pegel noch die erforderliche Tiefe für die Kähne, d. i. 1,25 m bietet und daher auf Ord. 14,5 m ausgehoben ist. Diese Fahrrinne ist an der Deichseite hergestellt, weil dort die Erde in nächster Nähe abzulagern war und auch befürchtet werden mufste, dafs tiefe Einschnitte am Höhenrande zu gefährlichen Abrutschungen desselben, wie solche sowohl an der Brahe bei Brahnau als an der Weichsel bei Deutsch-Fordon früher eingetreten sind, Veranlassung geben könnten. Die Hafenstrafse war ursprünglich in 16 m Sohlbreite und mit zweifachen Böschungen gedacht, sodafs sich selbst bei Kleinwasser noch eine 21 m breite Wasserfläche bilden konnte. Bei der Ausführung ist die Sohlbreite jedoch auf 13,8 m mit dreifachen Böschungen eingeschränkt, da die unteren Schichten so weich waren, dafs zweifache Böschungen unter dem Einflusse des benachbarten Deichkörpers, welcher die weiche Unterlage zusammenprefste und an einzelnen Strecken Verschiebungen und Auftreibungen der Böschung und Sohle herbeiführte, nicht zu halten waren. In Rücksicht auf diese Gefahr war von Anfang an ein 4 m breiter Absatz in der Höhe von Ord. 11 m, etwas über dem gewöhnlichen Sommerwasser, und ein zweiter, 8 m breiter Absatz in Höhe von Ord. 8,8 m, dem gewöhnlichen Hochwasser, in Aussicht genommen.

Die Sohle der eigentlichen Aufsenhafenfläche ist in Höhe von Ord. 12,9 m, mithin 1,6 m höher als die Sohle der Aufsenhafenstrafse, gelegt worden. Die Höhenlage entspricht einem Wasserstande von etwa — 0,15 m am Uszke-Pegel, sodafs die Flöfse noch bei einem Wasserstande von + 0,35 m an diesem Pegel die genügende Wassertiefe finden. Ein niedrigerer Wasserstand tritt in den Monaten April, Mai und Juni, in denen gröfsere Mengen von Flöfsen vor der Brahe ankommen, nicht ein, und falls derselbe ausnahmsweise in den späteren Monaten sich zeigt, so genügt alsdann die Hafenstrafse allein. Am Höhenrande ist neben dem Aufsenhafen ein 5 m breiter Weg in Höhe von Ord. 9,5 m angelegt, der bei den gewöhnlichen Hochwasserständen noch wasserfrei ist; die zweifache Böschung desselben hat in der Höhe von Ord. 11 m noch einen 1 m breiten Absatz erhalten, um Rutschungen zu verhüten und einen schmalen Leinpfad für die kleinen Wasserstände zu besitzen.

Die Hafenmündung schliefst sich an das einbuchtende Weichselufer; sie ist am Höhenrande mit einem Faschinengrundbette eingefafst und an der Hafenstrafse mit einer 8 m breiten Mole, welche nur wenig vor dem, zum Schutze des Weichselufers, sowie zur Verbesserung dieses Stromes seitens der Weichselstrombau-Verwaltung erbauten Parallelwerke vorspringt. Die Mole ist ringsum von Faschinen-Grundbetten eingefafst, welche durch Sinkstücke und Senkfaschinen vor Unterspülung gesichert sind. Der eigentliche Körper der Mole ist von Erde geschüttet, abgepflastert und bildet den Auslauf des Hafendeichs, welcher mit einer Neigung von 1 : 18 bis zur Mole abfällt.

Der Binnenhafen.

Auch der Binnenhafen, welcher sich von der Hafenschleuse bis zur Brahe erstreckt, zerfällt in die tiefere, sich längs des Deiches hinziehende Hafenstrafse und in die höher gelegene Hafenfläche. Die Sohle der Hafenstrafse ist so niedrig gelegt worden, dafs sie den Kähnen selbst bei ganz geöffnetem Wehre und beim niedrigsten Stande der Brahe noch genügende Wassertiefe bietet. Der unter jener Voraussetzung in der Brahe zu erwartende niedrigste Wasserspiegel hat eine Ord. von 11,4 m; die Sohle der Hafenstrafse ist noch 1,3 m niedriger, auf Ord. 12,7 m gelegt. Die Sohlbreite ist zu 11 m, die Böschungen sind zweifach angenommen, sodafs sich bei Kleinwasser eine Wasserspiegelbreite von 16 m bildet, die in Rücksicht darauf, dafs sie nur zur Zeit der Ausbesserung des Wehres oder im Winter bei sehr schwachem Verkehr entsteht, ausreichend ist. Vor der Schleuse ist jedoch eine Verbreiterung der Sohle bis auf 32 m vorgenommen. An der Deichseite ist in Rücksicht auf den benachbarten Deichkörper in der Höhe von Ord. 10,6 m, d. i. 1,2 m unter dem Stauspiegel, ein 4 m breiter Absatz zur Ausführung gebracht.

Die Binnenhafenfläche selbst ist am Höhenrand 0,8 m und an der Hafenstrafse 0,9 m unter den gewöhnlichen Stauspiegel des unteren Wehres, mithin auf Ord. 10,2 bezw. 10,3 m gelegt worden. Die Flöfse haben gewöhnlich nur 0,3 m, selten bis 0,5 m Tiefgang. Jene Mafse schienen erforderlich, um auch bei etwas gesenktem Stauspiegel, welcher bei höheren Brahewasserständen ausnahmsweise zur Verhütung einer Ueberschwemmung der oberhalb gelegenen Wiesen wohl eintreten kann, noch genügende Tiefe zu behalten. Die Wege an beiden Seiten sind 8 m breit, 0,5 bis 0,7 m über dem Stauspiegel angelegt und bekiest.

Die Begrenzung des Hafens ist am Höhenrande so ausgeführt, dafs sie eine möglichst geradlinige wurde und tiefere

Einschnitte in das quellige Ufer in Rücksicht auf Rutschungen vermieden wurden.

Die Wasserfläche des Binnenhafens mifst etwa 50 ha und ist durch numerirte Anbindepfähle, welche sich bis Ord. 4,5 m, d. i. 0,5 m über den Hochwasserspiegel erheben, in Felder von 100 m Länge und 45 m Breite zerlegt worden, sodafs die einzelnen Flofstafeln sicher befestigt und leicht aufgefunden werden können. Diese hohen Pfähle sind, um ein Vertreiben der Flöfse bei Hochwasser zu verhüten, auch an der Binnenseite des Treidelweges am Höhenrande eingeschlagen; ferner ist durch dieselben eine Wasserstrafse längs dieses Weges abgegrenzt worden. In ähnlicher Weise sind auch die Anbindepfähle des etwa 9 ha grofsen Aussenhafens angeordnet.

Die Länge des Hafens von der Weichsel bis zur Brahe beträgt rund 2900 m, seine gröfste Breite, im Stauspiegel gemessen, 330 m.

Der Hafendeich.

Der Hafendeich ist zwar keinem Wasserdrucke, aber dem Wellenschlage an beiden Seiten und dem oft mit gröfster Heftigkeit auftretenden Eisgange der Weichsel an der Flufsseite ausgesetzt. In Rücksicht darauf ist die Krone 1 bis 1,2 m über den höchsten Wasserstand, auf Ord. 3,8 bis 4 m, angelegt und auf der oberen Strecke, längs der Brahe, wo der Aushub des Hafens nicht die genügende Erde lieferte, nur 3 m breit, mit dreifacher Aufsen- und zweifacher Binnenböschung ausgeführt, während in der Nähe der Brahemündung und längs der Weichsel, wo stärkere Angriffe zu befürchten sind, eine vierfache Aufsenböschung und je nach dem verfügbaren guten Deichmaterial eine 4,5 bis 5 m breite Krone nebst zweifacher Binnenböschung geschüttet worden sind. Längs des Aufsenhafens lehnt sich unmittelbar an die Binnenböschung des Deiches das Erdlager in einer Höhe von etwa Ord. 6 m.

Von der Hafenstrafse ist der Deich durch eine 8 m breite Binnenberme getrennt, welche 0,2 m Gefälle besitzt, an der Hafenstrafse 0,5 m über dem Stauspiegel, bezw. über dem gewöhnlichen Weichselhochwasser, d. h. auf Ord. 8,9, bezw. 8,8 m liegt und grofsentheils angeschüttet ist. Auch an der Aufsenböschung ist, soweit das Erdreich niedriger lag, eine 5 m breite, zur Abfuhr des Heues bestimmte, auf Ord. 9,5 m liegende Berme zur Ausführung gebracht.

Die Böschungen des Deiches und die über dem Wasserspiegel liegenden Böschungen des Hafens sind berast, ingleichen war auch an der Binnenseite die Berasung des Wellenschlags wegen nicht zu entbehren. Nur die mit $^1/_{12}$ Neigung an der Brahe und mit $^1/_{18}$ Neigung an der Weichsel abfallenden Enden des Deiches sind in Rücksicht auf Strömung und Eisgang auf der ganzen Oberfläche mit 0,3 m starken Granitgeschieben auf 0,2 m starker Kiesunterbettung abgepflastert und die Fugen des Pflasters durch einen Beton aus Kies und Cement-Kalkmörtel ausgefüllt. In gleicher Weise sind auch die gefährdetsten Theile der Hafenböschung im Anschlusse an die Brahe und an die Weichselmole gesichert. Die Ausfüllung der Fugen mit jenem billigen Beton hat sehr gute Dienste gegen das Ausspülen der Unterbettung und das Versacken der Steine geleistet.

An Stelle des, zur Absperrung der Hochwasserströmung erforderlichen Querdeiches ist fast überall eine breitere Ebene geschüttet worden, um Raum für das Beamtengehöft nebst Garten zu schaffen und den Aushubboden unterzubringen. Die eigentliche, in Höhe des Hafendeiches liegende Dammkrone dient als Zufuhrweg, ist deshalb befestigt und schliefst sich mit einer Auffahrt an den Höhenrand bei Deutsch-Fordon. Aufserdem sind von den beiderseitigen Wegen der beiden Häfen Auffahrten angelegt, welche in dem Lageplane auf Bl. 34 zu erkennen sind.

9. Die Hafenschleuse.

Die zwischen Aufsen- und Binnenhafen erbaute, auf Bl. 35 bis 37 dargestellte Hafenschleuse hat sehr bedeutende Abmessungen erhalten, da sie nach den Bedürfnissen der Flöfserei bemessen werden und der Forderung entsprechen mufste, bei allen Wasserständen, sowohl bei dem niedrigsten als bei dem höchsten, welche einen Abstand von 13,27 — 5,05 = 8,22 m zeigen, zu schleusen. Die Weichselschiffahrt, deren Fahrzeuge höchstens 5,8 m breit, 45,5 m lang, gewöhnlich nur 4,55 m breit, 40,1 m lang sind, hätte weit geringere Abmessungen verlangt; auch ruht dieselbe bei den höchsten Wasserständen.

Die Schleuse mifst	im Oberhaupt . .	11,5 m,
	in der Kammer .	60,0 m,
	im Unterhaupt .	12,5 m,
	zusammen .	84,0 m Länge

und hat einschliefslich der schrägen Flügel eine Gesamtlänge von 104,1 m.

Die Weite beträgt	in den Häuptern .	9,0 m,
	in der Thorkammer	10,5 m,
	in der Kammer .	18,2 m.

Die Weiten sind so bestimmt, dafs die in der Breite aus vier canalmäfsig verbundenen Flöfsen zusammengesetzten, 17 bis 17,5 m breiten Weichseltraften in den Häuptern zur Hälfte sich bewegen können und in der Kammer Platz finden. Die Weichseltraften haben gewöhnlich 100 m Länge. Dieses Mafs für die Kammer zu Grunde zu legen, erschien nicht nothwendig, da hierdurch eine übermäfsige Länge entstanden wäre und fast immer mehrere Traften zu einem Transport gehören, sodafs aus der Zerlegung einer Traft, welche für die Brahe- und Canal-Beförderung ohnehin geschehen mufs, keine Nachtheile entstehen. Bei der Kammerlänge von 60 m können 240 lfde m Flöfse, gegenüber 60 bis 70 lfde m bei dem Bromberger Canale, Platz finden. Rechnet man täglich 40 Schleusenfüllungen, so können an einem Tage $40 \cdot 240 = 9600$ m nach dem Binnenhafen geschleust werden. Hiervon gehen weiter nach dem Canale in den Frühjahrsmonaten täglich $\frac{78000}{30} = 2600$ m, verbleiben 7000 m zur Ausfüllung der Hafenflächen, welche bei gewöhnlichen Verhältnissen etwa 142 000 lfde m aufnehmen können und daher in 20 Tagen zu füllen sind.

Die Schleuse ist im Stande, monatlich $30 \cdot 9600 = 288\,000$ lfde m Flöfse durchzuschleusen, während der künftige Zugang oben nur auf 141 000 m geschätzt wurde; das Bauwerk genügt also auch unter der Voraussetzung, dafs an einzelnen Tagen, wie dies oft der Fall ist, die doppelte Menge des durchschnittlichen Betrages eintrifft, und bei einem noch gröfseren Zugange findet erst eine erheblichere Ansammlung im Aufsenhafen statt. Thatsächlich sind an günstigen Tagen bei Nachtbetrieb bis zu 46 Schleusenfüllungen gemacht und 10 450 lfd. m Flöfse sowie 7 Kähne geschleust worden.

Die Häupter sind versetzt worden und erheben sich, um der Forderung des jederzeitigen Durchschleusens zu genügen, bis auf Ord. 4,5 oder 0,55 m über den höchsten Wasserstand, während die Kammerwände 4,6 m niedriger, nämlich nur auf Ord. 9,1 oder 0,3 m über gewöhnlichem Stauspiegel gelegt worden sind, von welcher Höhe Treppen bezw. Böschungen bis zu den Häuptern und der Schleusenebene ansteigen. Diese Anordnung wurde in Rücksicht auf Kostenersparnifs gewählt, welcher Gesichtspunkt überhaupt bei Aufstellung des Entwurfs stets in erster Linie zu beachten war, um das Zustandekommen der Anlage zu ermöglichen. Sie ist jedoch ohne Nachtheile für den Verkehr, weil bei Wasserständen, welche die Kammerwände überfluthen, niemals von binnen nach aufsen geschleust werden wird; bei einem Schleusen von aufsen nach binnen, d. h. von dem Unter- nach dem Oberwasser, kann der Umstand, dafs sich die Wasserfläche mit dem Steigen des Wassers verbreitert, keine Nachtheile bringen, vielmehr läfst sich alsdann möglicherweise die durch die Böschungen herbeigeführte breitere Wasserfläche in günstiger Weise ausnutzen.

Der Unterdrempel und der Kammerboden sind in Höhe der Aufsenhafenstrafse auf Ord. 14,5 m, der Oberdrempel in Höhe der Binnenhafenstrafse auf Ord. 12,7 m, die Thorkammer 0,3 m tiefer, auf Ord. 14,8 bezw. 13 m gelegt worden.

Da der tragfähige Sandboden hoch genug lag, so sind die Kammermauern sowie die beiden Häupter auf Beton zwischen Pfahl- bezw. Spundwänden gegründet worden. Die Kammer selbst ist dagegen in Rücksicht auf Kostenersparnifs nur durch ein Sturzbett gesichert worden, das aus zwei Lagen von je 0,2 m starken, fest gebundenen Würsten aus Faschinen, einer 0,2 m starken Bettung aus Steinschlag und einem 0,4 m starken, dicht zusammen gearbeiteten Pflaster aus gröfseren Granitfindlingen besteht, also 1 m stark ist. Längs der Mauern sind die Fugen des Pflasters noch in etwa 3 m Breite durch Kiesbeton gedichtet, um hier zur Sicherung der benachbarten Grundmauern jede Ausspülung zu verhüten. Das Sturzbett hat auch bisher noch keine Veränderungen gezeigt. In gleicher Weise ist der Boden zwischen den Aufsenflügeln, welcher starken Strömungen ausgesetzt ist, gesichert und durch eine dicht schliefsende Wand aus Rundpfählen begrenzt.

Das zwischen den umschliefsenden Pfahlwänden 16,5 m breite Betonbett des Oberhauptes ist im oberen Theile nur 1,2 m stark ausgeführt, fällt mit der Unterkante mit einer Neigung von 1 : 4 ab und besitzt in seinem unteren Theile eine Stärke von 1,5 m. Auch der anschliefsende Kammerboden ist in einer Länge von 6 m in dieser Stärke betonirt worden, um den heftigen, durch die Umläufe veranlafsten Strömungen Rechnung zu tragen. Dadurch ist es erreicht, dafs das Betonbett noch 1 m tiefer als die Unterkante des Sturzbettes eingeschnitten, also selbst bei etwaigen Sackungen und Ausspülungen des letzteren nicht gefährdet ist. Wegen dieses Umstandes hat das im ganzen etwas stärker in Anspruch genommene kürzere und breitere Betonbett des Unterhauptes in der Mitte, d. h. vor dem Sturzbette, eine Stärke von 1,8 m erhalten, die an den Enden bis auf 1,5 m abnimmt.

Die Uebermauerung der Häupterböden ist aus Ziegeln mit Klinkerrollschicht 0,5 m bezw. 0,8 m stark ausgeführt; kostspielige Werksteine sind nur für die Bekleidung der Anschlagsflächen und für die Kante des oberen Abfallbodens, also nur an den nothwendigen Stellen, gewählt. Diese Drempelquader, 0,49 m stark, dienen nur zur Bekleidung der Anschlagsflächen, reichen also nicht in die Thorkammerböden.

Die Betonbetten der Kammer- und Flügelwände sind 1,2 m stark und liegen 0,5 m tiefer als die Unterkanten der Sturzbetten. Nach der Vorderkante springen sie um etwa 0,8 m vor, um eine günstige Lage der Drucklinie der Mauer in Bezug auf die tragende Bodenschicht zu erhalten und durch jenen Absatz gleichzeitig eine gröfsere Sicherheit gegen die Gefahr der Unterspülungen zu erzielen.

Für die Umschliefsung der Betonirung sind Pfahlwände statt der sonst üblichen Spundwände vorgezogen, weil bei dem für das Rammen ungünstigen Kies-, festen Sand- und braunkohlenhaltigen Boden eine gröfsere Dichtigkeit als bei den Spundwänden erzielt werden konnte. Es traten bei der Spundwand durch das Abspringen der Brüstungen und das Einkeilen von Steinchen zwischen Nuth und Feder grofse Unregelmäfsigkeiten hervor. Auch sind die Kosten der Pfahlwände erheblich geringer als diejenigen der Spundwände. Bei Betonbetten, welche so tief in den fest abgelagerten tragfähigen Untergrund eingeschnitten und gegen Unterwaschungen anderweitig genügend gesichert sind, beruht die Bedeutung der umschliefsenden Längswände fast ausschliefslich in dem Umstande, dafs sie die Ausführung erleichtern. Selbst die wasserkehrende Eigenschaft der Querwände kommt bei den hier vorhandenen Bodenverhältnissen nur in untergeordnetem Grade zur Geltung. Da der Grundwasserspiegel in Höhe von Ord. 11,5 m erwartet wurde, während des Rammens der Wände aber Wasserschöpfen vermieden werden sollte, so ergab sich für die Oberkante der Wände eine Ord. von 11,2 m; die Unterkante reichte je nach der Inanspruchnahme der Wand 1,5 bis 2,5 m, durchschnittlich 2 m, unter die Betonunterkante, woraus sich eine Länge der Wände von 5 bis 7,8 m ergab, welche Länge zum gröfsten Theile durch den Boden zu rammen war. In Rücksicht hierauf wurde die Stärke der Pfahlwände zu 22 und 24 cm gewählt. Spundwände sind nur an einzelnen, besonders wichtig erscheinenden Theilen, nämlich hinter den beiden Häuptern und im unmittelbaren Anschlusse an dieselben vor einem Theile der Kammermauern und vor den unteren Flügelmauern zur Ausführung gebracht.

Die Mauern der Häupter und der Kammer sind in der Vorderfläche ohne Anlauf ausgeführt, weil ein solcher beim Durchschleusen von binnen nach aufsen wegen der beim Leeren der Kammer schmäler werdenden Wasserfläche leicht ein Klemmen der Flöfse herbeigeführt hätte. Nur der Fufs der Kammermauer ist auf 1,8 m Höhe mit 0,5 m Böschung, also mit etwa $^1/_4$ Neigung angelegt, weil niedrige Wasserstände, bei denen jene Neigung vielleicht von Einflufs sein könnte, äufserst selten eintreten und die Standfestigkeit der Mauer durch jene untere Böschung erheblich erhöht wird. Die Flügelmauern, bei denen keine Rücksicht auf Festklemmen der Flöfse zu nehmen war, sind dagegen mit $^1/_{15}$ Neigung geböscht. Für die Mauern ist, von der Verstärkung an den Häuptern abgesehen, eine obere Stärke von 1,5 m zu Grunde gelegt, welche Breite für die Treppen erforderlich und auch im übrigen angemessen war. Die untere Breite wurde gewöhnlich gleich der halben Höhe gewählt und die Rückseite abgetreppt, sodafs sich eine mittlere Mauerstärke von 0,33 bis 0,4 der Höhe ergab und die Drucklinie, unter der Annahme eines natürlichen Böschungswinkels der Erde von 20°, die Grundlinie etwa an der Grenze des mittleren Drittels schneidet. Nur für die Kammerwände wurde

das Profil wegen der nahen Erdschüttungen etwas gröfser angenommen. Die gewählten Mauerstärken haben sich als durchaus genügend erwiesen. Das Material derselben besteht aus gewöhnlichen, gut durchgebrannten Ziegelsteinen mit einer durchschnittlich $^3/_4$ Stein starken, im Kopfverbande ausgeführten Klinkerverblendung. Quader sind nur an den unbedingt nothwendigen Stellen, namentlich für die Wendenischen, für die Abdeckung der Häupter, die nach der Kammer hinabführenden Treppen, sowie bei dem Anschlusse an die Drehbrücke verwendet worden, und zwar aus bestem schlesischen Granit, in einem Cementmörtel von einem Theil Cement und zwei Theilen Sand versetzt. Die übrige Abdeckung ist durch eine $^1/_2$ Stein starke Klinkerrollschicht bewirkt worden.

Zum Füllen und Leeren der Kammer sind in beiden Häuptern überwölbte Umläufe von 1,3 m Weite und 2,2 m Lichthöhe angelegt, welche durch, auf Blatt 36 dargestellte Drehschütze in kürzester Zeit geöffnet und geschlossen werden können.

Abgesehen von den Umläufen, hat auch jeder Thorflügel zwei Schützöffnungen erhalten von je 1 m Weite und 0,55 m Höhe, sodafs beim Füllen oder Leeren mit den Umläufen zusammen 7,5 qm Querschnitt verfügbar sind, wodurch die Füllung der Schleuse bei dem gewöhnlichen Gefälle von 2 m in etwa vier Minuten möglich ist. Diese Schützöffnungen sind namentlich auch angelegt worden, um bei etwaigen Ausbesserungen an den Drehschützen, für deren Abdämmung durch besondere Dammfalze Sorge getragen ist, den Betrieb nicht unterbrechen zu müssen. Auch sollen diese kleineren Oeffnungen bei sehr starkem Schleusengefälle zur Zeit der niedrigen Unterwasserstände zuerst benutzt werden, damit die aus den grofsen Umläufen sich entwickelnde, aufserordentlich heftige Strömung nicht das Bauwerk schädigt.

Die Schleuse ist mit zwei hölzernen Thorpaaren versehen, welche zur Zeit des kleinsten Weichselwassers einen Wasserdruck von 13,27 — 9,4 = 3,87 m, bei mittlerem Sommerwasser einen solchen von 11,7 — 9,4 = 2,3 m und bei höchstem Wasser einen Druck von 0,3 bis 1 m erleiden. Bei Hochwasser, wo ein Rückstau von der Weichsel nach der Brahe ausgeübt wird, kann sogar der Fall eintreten — und derselbe ist im Winter 1878/79 gelegentlich einer Eisstopfung wirklich dagewesen —, dafs sich das Weichselwasser rascher erhebt, als das Wasser im Brahethale wegen der nur spärlich von der Brahe gelieferten Wassermenge zu steigen vermag. Es tritt alsdann eine Strömung von der Weichsel nach der Brahe ein, durch welche die Thore der Schleuse geöffnet werden können. Sobald das Brahethal angefüllt ist, tritt wieder das richtige Verhältnifs ein; es wird dann das Gefälle zwischen Aufsen- und Binnenhafen in der Regel nur etwa 0,3 m betragen, und nur bei Eisstopfungen kann das Gefälle, wie dies gleichfalls im Winter 1878/79 beobachtet worden ist, bis 1,2 m steigen.

Da das Durchschleusen auch zur Zeit des Hochwassers gefordert wurde, so erheben sich beide Thorpaare bis 0,15 m über den höchsten beobachteten Wasserstand, d. h. bis Ord. 4,9 m, während die Unterkante noch 0,15 m unter Drempel-Oberkante, d. h. bis Ord. 14,65 bezw. 12,85 m reicht. Danach ist die Höhe der Unterthore 9,75 m, diejenige der Oberthore 7,95 m. Bei diesen bedeutenden Höhen mufste die Frage entstehen, ob nicht die Thorflügel in der Höhe aus zwei Stücken zusammenzusetzen seien, aus einem unteren, für gewöhnliche Wasserstände zu benutzenden Theile und einem oberen Flügel für das Hochwasser. In Rücksicht auf die schwierigere Bedienung solcher getheilten Thore ist jedoch davon abgesehen worden. Die Thore sind nach holländischer Art gebaut, d. h. die Riegel liegen auf der Rückseite bündig mit der Schlag- und Wendesäule, die Streben parallel den schräglaufenden, 6 cm starken Bohlen. Die Thore sind 36 cm stark, die Wende- und Schlagsäulen messen 36 × 48 cm, die Ober- und Unterrahmen 36 × 40 cm, die oberen Riegel 30 × 32 cm, die beiden unteren Riegel der Oberthore 32 × 46 cm, die vier unteren Riegel der Unterthore 34×36 cm, 32×46 cm, 32×50 cm, 32×50 cm. Diese zwei bezw. vier unteren Riegel treten nämlich bei den Oberthoren um 16 cm, bei den Unterthoren um 6, 16, 20, 20 cm an der Rückseite vor, sind dagegen nach den Säulen zu bündig mit denselben abgearbeitet, um die eisernen Schienen und Bügel an beiden Seiten gut anbringen zu können. Diese Stärken, sowie die Entfernungen der Riegel sind so bestimmt worden, dafs die Riegel eine Inanspruchnahme von höchstens 80 kg auf 1 qcm erleiden. Die Streben sind 20 × 32 cm stark gemacht. Wende- und Schlagsäulen, sowie der Belag sind von Eichenholz, die übrigen Theile von bestem Kiefernholze gefertigt worden, welches an einzelnen gut zusammengefügten Thoren des Bromberger Canals eine dreifsigjährige Dauer gezeigt hat. An der Wendesäule sind Bügel, an der Schlagsäule Schienen eingelassen, aufserdem sind, namentlich wegen der bequemeren Aufstellung der Thore, Zuganker zwischen Schlag- und Wendesäule eingezogen worden. Gegen das Versacken sind Zugstangen an jeder Seite angebracht. Die untere Pfanne ist als gufseiserner Schuh mit 0,2 m hohen Lappen, der obere hohl gegossene, 0,2 m starke Zapfen gleichfalls in Verbindung mit einem Schuh, welcher die Wendesäule und den Oberrahmen umfafst, hergestellt. Der untere, gufsstählerne Zapfen hat 0,2 m Durchmesser, das Halsband 12 cm Breite und 3 cm Stärke erhalten und ist mit den beiden Ankern durch Keile in bekannter Weise verbunden. Die Anker sind so angeordnet, dafs auch die am Ende derselben sich befindenden gufseisernen Platten leicht nachgesehen werden können.

Die Schütze in den Thoren sind aus Blech hergestellt, bewegen sich zwischen eisernen Leitschienen und werden mittels gewöhnlicher Winden geschlossen. Sie wurden ihrer gröfseren Sicherheit wegen den Jalousie- und den Drehschützen vorgezogen, weil bei ihnen die von den Flöfsen abgespülten Verbandmaterialien weniger leicht Störungen hervorrufen können. Die Umläufe dagegen sind mit Drehschützen versehen, da vor ihnen angebrachte starke Eisengitter jene schützen.

Die Aufstellung der Thore geschah in der Schleuse selbst, nachdem sie in einem Schuppen bearbeitet, zusammengesetzt und dann wieder auseinander genommen waren.

Die Bewegung der Thore erfolgt in Rücksicht auf ihre grofse Höhe durch schmiedeeiserne Zugstangen, welche über dem Stauspiegel angreifen und mittels Winde und Kurbel von den Häuptermauern bewegt werden. Damit die Zugstange bei geschlossenem Thore Platz findet, ist ein überwölbter Canal hinter der Häuptermauer hergestellt, welcher durch eiserne Balken, die sich an ihrem Ende auf eingeschraubte gufseiserne Säulen legen, getragen wird.

Ueber das Unterhaupt der Schleuse führt eine zwischen den Geländern 3,3 m breite schmiedeeiserne Drehbrücke, welche in ihren Einzeltheilen auf Blatt 37 dargestellt ist und namentlich

wegen der Bewirthschaftung des Aufsendeichlandes nothwendig erschien. Sie besitzt drei, mittels Querverbindungen gegen einander abgesteifte vollwandige Langträger von 0,22 bis 0,5 m Höhe und bildet in geschlossenem Zustande einen linksseitigen kurzen Arm von 3,2 m und einen rechtsseitigen langen Arm von 11,05 m Stützweite. Der mittlere Stützpunkt besteht in vier paarweise angeordneten Laufrädern von 0,6 m Durchmesser, die sich auf drei Schienen bewegen und lose auf ihren Zapfen laufen; auf den beiden Achsen der Räder sind gufseiserne Stühle mit Kipplagern befestigt, um ein Schwingen der Brücke zu ermöglichen. Das linksseitige, durch drei Stützrollen gebildete Auflager kann dadurch beseitigt werden, dafs eine gufsstählerne Schraubenspindel mit rechteckigem Gewinde mittels Kurbelstange gedreht wird, wodurch die Stützrollen von ihren Unterlagen entfernt werden. Am rechtsseitigen Auflager befinden sich drei einzelne, unter jedem Langträger angeordnete gufseiserne Lagerstühle; durch schmiedeeiserne, mittels zweier Schrauben festgeklemmte Keile läfst sich eine Ausgleichung in der Höhenlage der zahlreichen Stützpunkte herbeiführen. Behufs Oeffnens der Brücke werden zunächst die Stützrollen des linksseitigen Auflagers durch Drehen der Schraubenspindel gehoben, worauf sich die Brücke am linksseitigen Ende, wo sie mit Uebergewichten versehen ist, so lange senkt, bis das Brückenende von der Stützpfanne des seitlich angeordneten Drehzapfens getragen wird. Der lange Brückenarm entfernt sich von dem rechtsseitigen Auflager und es kann ein Ausschwenken der Brücke durch Bewegung eines Getriebes, welches in den auf dem Pfeilermauerwerk festgelagerten Zahnkranz eingreift, mittels Kurbelstange herbeigeführt werden. In geöffnetem Zustande wird der lange Arm durch ein hölzernes, durch Abstrebungen versteiftes Joch oder Gerüst unterstützt.

10. Die Ausführung der Hafenanlage.

Die Arbeiten für die Canalisirung wurden im Spätsommer 1876, diejenigen für die Hafenanlagen am 26. Juli 1877 in Angriff genommen; letztere wurden dem Bauunternehmer R. Schneider in Berlin übertragen und so gefördert, dafs sie im November 1878 im wesentlichen vollendet waren und im April 1879 amtlich für betriebsfähig erklärt werden konnten.

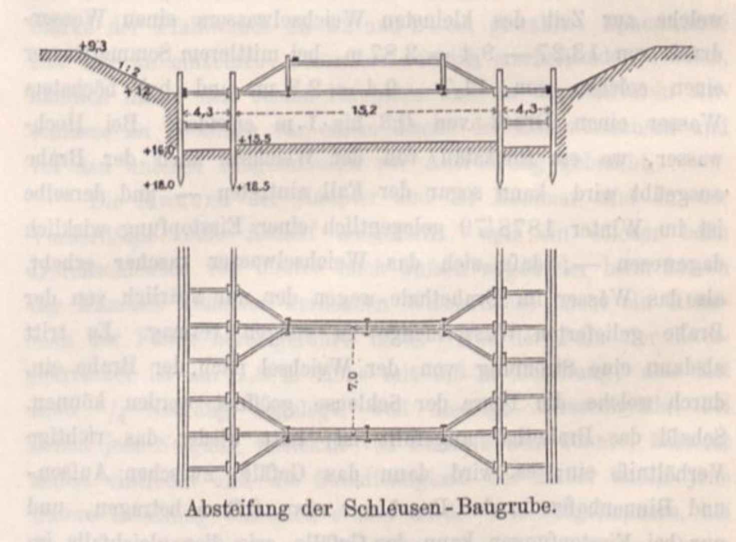
Die Ausführung der Hafenschleuse ist, da für dieselbe nur eine Bauzeit von etwa $1^1/_4$ Jahren zur Verfügung stand, im wesentlichen ohne zeitraubende und kostspielige Baggerungen bewirkt worden, obgleich die Sohle der Betonbetten bis 8 m unter Erdoberfläche, etwa 5,5 m unter den Grundwasserspiegel in den sandigen Untergrund gesenkt werden mufste.

Diese Art der Ausführung wurde einer Zerlegung der Baustelle in 4 oder 5 von einander unabhängige kleine Baugruben, in denen Wasserbewältigung, Baggerung, Betoniren und Mauern gesondert hätten bewirkt werden können, namentlich auch mit Rücksicht auf die Sturzbetten in der Kammer und vor dem Unterhaupte vorgezogen. Es war für die spätere Sicherheit des Bauwerkes von der gröfsten Wichtigkeit, dafs die Sturzbetten im Trocknen hergestellt wurden, um das Pflaster dichtschliefsend auf abgerammter Unterlage von festgebundenen Würsten und Steinschlag versetzen zu können. Ein Ausschöpfen der Kammer nach erfolgter Betonirung wäre dagegen leicht von nachtheiligen Folgen gewesen; insbesondere hätte das hochliegende Betonbett des Oberhauptes gefährdet werden können.

Die Schleusenbaugrube wurde deshalb zunächst bis Ord. 12,0 d. i. 0,5 m unter dem Grundwasserspiegel, bis zu welcher Tiefe nur ein geringer Wasserzuflufs befürchtet zu werden brauchte, ausgehoben, und auf dieser ebenen Fläche die Einrammung der für die Umschliefsung der künftigen Betonbetten erforderlichen Pfahl- und Spundwände, ohne alle Rüstungen bewirkt. Abends wurde bis 9 Uhr bei elektrischer Beleuchtung gearbeitet, sodafs die Rammarbeiten, welche 2996 qm Pfahl- und Spundwände, 35 Stück Bund- und 83 Stück Rundpfähle umfafsten, bis Ende Januar 1878 vollendet werden konnten.

Der Winter war ein günstiger für die Arbeiten, die jedoch eine zweimonatliche gänzliche Unterbrechung durch das Hochwasser vom 10. März 1878 erlitten, welches den Schutzdeich an der Weichsel an dem Punkte, wo derselbe durch einen alten verschlammten Weichselarm (Judenlake) geschüttet war, im weichen Untergrunde durchbrach, sodafs die ganze Hafenfläche während zweier Monate unter Wasser stand. Nach dem Verlaufen der Hochfluthen wurde die Durchbruchstelle mittels eines 3,5 m breiten, nach der Rückseite abgestrebten Kastenfangedammes geschlossen und die grofse Baustelle durch 3 Kreiselpumpen, welche täglich bis zu 45 000 cbm Wasser schöpften, bald wieder trocken gelegt. Erst am 17. Mai konnten die Arbeiten in der Schleusenbaugrube wieder in vollem Umfange aufgenommen werden.

Es erfolgte nun die Aushebung der Baugrube bis zur vollen Tiefe, d. h. bis zur Unterfläche der Beton- bezw. Sturzbetten, indem mittels dreier Locomotiven täglich bis 22 Arbeitszüge von je 12 Wagen zu je $2^1/_2$ cbm, also bis 660 cbm herausgefahren wurden. Zugleich mit der fortschreitenden Aushebung wurde der Wasserspiegel in der Schleusenbaugrube gesenkt, und deren Wände, welche den starken Seitenpressungen der Erde



Absteifung der Schleusen-Baugrube.

ausgesetzt waren, wurden gegen einander abgesteift. Bei der grofsen Entfernung dieser Wände, welche in der Kammer über 15 m, in den Häuptern etwa 18 bezw. 20 m betrug, nahmen die Steifen die Form von Sprengwerken an, welche nach beiden Seiten wieder abgesteift waren. Zwischen der innern und der äufsern, die Erde unmittelbar begrenzenden Wand wurden auch noch untere Absteifungen hinzugefügt. Die Abspreizungen waren in starker Spannung, da der Druck durch die in der Nähe abgelagerten Erdmassen noch vermehrt wurde; an der einen Seite befand sich nämlich der Hafendeich, an der andern

Seite eine aus der Baugrube gewonnene Sandschüttung, auf der das Beamtenhaus später errichtet werden sollte.

Die Wasserbewältigung war trotz der Tiefe der Schleusenbaugrube eine verhältnifsmäfsig leichte, weil der Wasserspiegel in den benachbarten Hafenstrafsen allmählich erheblich gesenkt war, in der Aufsenhafenstrafse bis Ord. 13,5 bis 14,0 m, sodafs auch der Grundwasserspiegel eine ähnliche Senkung erfahren hatte. Eine Auflockerung oder Verschlechterung des Baugrundes konnte deshalb nicht eintreten. Nach Erlangung der erforderlichen Sohlentiefen wurden die 1 m starken Sturzbetten hergestellt, welche wirksame Absteifungen an der Sohle bildeten, darauf die übrigen Erdarbeiten vollendet, das Wasserschöpfen eingestellt, der Wasserspiegel bis zur Höhe des Grundwassers gehoben und mit dem Betoniren am 3. Juli 1878 begonnen. Der Beton wurde mit Hülfe von Betontrommeln und wagerechten Mörtelmaschinen mit halbkreisförmigem Querschnitte bereitet und mittels Winden in halbcylindrischen eisernen Kübeln von 0,5 cbm Inhalt bei einer durchschnittlichen Wassertiefe von 4 m versenkt. Am 6. August, nach Verlauf von 30 Arbeitstagen, waren 1937 cbm Beton bereitet und eingebracht, mithin 65 cbm täglich. Wie die eingesenkten Probekästchen ergaben, war der Beton schon 14 Tage nach Beendigung der Betonirung so weit erhärtet, dafs mit dem Auspumpen der Baugrube des Unterhauptes und der Kammerwände und im Anschlusse daran mit der Reinigung und Abgleichung der Betonbetten, sowie mit der Aufführung des Mauerwerks vorgegangen werden konnte. Die Betonbetten zeigten nur geringfügige Quellen und haben sich auch während der inzwischen verstrichenen 10 Jahre gut bewährt, da die langen, ungeböschten, also sehr empfindlichen, hohen Mauern nirgend Risse, Ausbauchungen oder dergl. erlitten haben. Der Beton war aus 1 Theile Cement, 3 Theilen Sand, 6 Theilen Steinschlag gemischt; nur für die stärker in Anspruch genommenen Betten der Häupter war das Mischungsverhältnifs zu $1:2^1/_2:5$ angenommen.

Bei der grofsen räumlichen Ausdehnung der Schleuse war es möglich, zahlreiche Maurer gleichzeitig zu beschäftigen, denen die Materialien auf Geleisen von den am Weichselufer belegenen Lagerplätzen bezw. von der nahe der Schleuse errichteten Mörtelmühle zugeführt wurden. Bis zum 2. November 1878, d. i. innerhalb 63 Arbeitstage, waren sämtliche Mauerarbeiten, bestehend in 5701 cbm Ziegelmauerwerk, 74 cbm Werksteinen, 103 qm Abdeckungsplatten, 150 lfd. m Treppenstufen, bis auf einige Deckplatten, vollendet.

Das Mauerwerk des Oberhauptes wurde bis Ord. 9,3 m, d. i. 0,1 m über dem Stauspiegel, dasjenige der Kammern und des Unterhauptes bis Ord. 11,0 m, d. i. 0,7 m über Mittelwasser, in Cementmörtel von 1 Theile Cement, 3 Theilen Sand aufgeführt, da diese Mauern schon bald nach ihrer Herstellung und dauernd unter Wasser gesetzt wurden. Die höher liegenden Theile, bis Ord. 7,6 m im Oberhaupte, bis Ord. 9,3 m in der Kammer und im Unterhaupte, wurden in verlängertem Cementmörtel, 1 Theil Cement, 1 Theil Kalk, 5 Theile Sand, und die darüber liegenden, nur ausnahmsweise von den Hochfluthen benetzten Mauern in einem aus 1 Theile Cement, 2 Theilen Kalk, 8 Theilen Sand gemischten Mörtel aufgemauert. Die $^3/_4$ Stein starke Klinkerverblendung wurde überall in demselben Mörtel wie die Hintermauerung ausgeführt, aber noch am Tage ihrer Herstellung mit einem Cementmörtel von 1 Theile Cement, 1 Theile Sand ausgefugt. Das Klinker-Rollpflaster wurde in einem Mörtel von 1 Theile Cement, 3 Theilen Sand, die Werksteine und Platten in einem Mörtel von 1 Theile Cement, 2 Theilen Sand versetzt.

Nach Erhärtung des Mauerwerks und sorgfältiger Nacharbeitung der Anschlagsflächen wurden die in der Zwischenzeit verbundenen Thore eingehängt und pafsrecht zusammengeschnitten und die Schützen und Bewegungsvorrichtungen eingesetzt, sodafs die Schleuse am 28. November 1878, d. i. $6^1/_3$ Monate nach der Inangriffnahme der unteren Erdarbeiten, als betriebsfähig erachtet werden konnte.

Die Arbeiten für die eigentliche Hafenanlange wurden am 26. Juli 1877 begonnen und im Schutze des Hafendeiches, bezw. der an der Brahe und Weichsel angelegten Hülfsdeiche auch im Winter 1877 bis 1878 fortgeführt, sodafs nur durch den Durchbruch vom 10. März 1878 eine zweimonatliche Unterbrechung eintrat. Da man auf eine solche seit Monaten gefafst sein mufste, so war der Deich, für dessen sorgfältige Herstellung durch Ablagerung von gutem Boden an den Aussenflächen, durch Stampfen und möglichst frühzeitige Berasung Sorge getragen war, schon möglichst bald in wehrhaften Zustand gebracht worden. Für die Abträge im Binnenhafen kam bei den geringeren Ablagerungsentfernungen ausschliefslich Handbetrieb mit Bock- und Kippkarren zur Anwendung, während die Bewältigung der grofsen Abtragsmassen im Aufsenhafen fast ausschliefslich mit Locomotiven und Arbeitswagen von 2,5 cbm Inhalt erfolgte. Die Aushebung geschah unter Wasserschöpfen und war bis zum November 1878 bis auf die unteren Theile der beiden Hafenstrafsen und der Schutzdämme, welche später ausgebaggert werden mufsten, vollendet. Als am 29. November 1878 auf Grund der telegraphischen Meldungen vom Oberlaufe der Weichsel ein stärkeres Hochwasser erwartet werden mufste, wurden die nöthigen Vorsichtsmafsregeln getroffen, um dasselbe allmählich an geeigneter Stelle des Schutzdeiches in die grofse Baugrube des Aufsenhafens und der Schleuse, in der alles vollendet und gangbar gemacht war, einströmen zu lassen, ohne dafs ein nochmaliges Auspumpen erforderlich war. Das bald darauf, im Februar 1879 eintretende aufserordentliche Hochwasser, welches sich am Thorner Pegel bis 7,85 m erhob und mit starken Eisversetzungen und Eisschiebungen verbunden war, vermochte an der jungen Anlage nur unbedeutende Schölungen der Aufsenböschung hervorzubringen; auch die Hochfluthen der späteren Jahre haben keine anderen Beschädigungen zurückgelassen. Der Deich ist allerdings auf derjenigen Strecke, wo sich unter dem oberen Klai- (oder Schlick-) Boden moorige Schichten über dem sandigen Untergrunde fanden, ganz erheblich während der Bauzeit und auch nach derselben versackt, sodafs trotz der anfänglichen Ueberhöhung später wiederholt Aufhöhungen ausgeführt werden mufsten.

Auch das neben der Schleuse auf moorigem Untergrunde im Jahre 1879 errichtete zweigeschossige Beamtengebäude hat sich gut gehalten. Die Beseitigung des nicht tragfähigen Bodens oder die Hinabführung der Grundmauern bis auf den festen Boden hätten übermäfsig hohe Kosten verursacht; es wurde aber der aus dem unteren Theile der Baugrube gewonnene Sand dort schon zwei Jahre vor Errichtung des Gebäudes abgelagert und unter den Grundmauern ein breites Betonbett aus einer Mischung von 1 Theile Cement, 1 Theile Kalk, 6 Theilen Sand, 12 Theilen Steinschlag eingebracht.

Die feierliche Einweihung der Anlagen der Brahe-Canalisirung und des Hafens erfolgte am 27. September 1879.

Die Kosten stellten sich beim Abschlusse der Bauausführung wie folgt: A. Haupthafen, einschl. etwa 550 000 ℳ für Grunderwerb, 1 149 774 ℳ, B. Hafenschleuse 483 128 ℳ, C. Allgemeine Kosten 100 457 ℳ; zusammen 1 733 359 ℳ.

Seit der Betriebseröffnung im Frühjahre 1879 ist nicht allein das Actiencapital von etwa $1^1/_2$ Mill. Mark in der festgesetzten Höhe von 5 Procent verzinst und zum Theil amortisirt, sondern es sind bereits Reservefonds von über 600 000 ℳ, d. i. über 40 Procent des Actiencapitals angesammelt. Die Anlage hat nicht allein die erhofften wirthschaftlichen Vortheile im reichsten Maſse gebracht, sondern gewährt auch den Unternehmern eine sichere Verzinsung ihres Capitals.

H. Garbe.

Steinbrücken mit gelenkartigen Einlagen.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 38 bis 40 im Atlas.)

Vorwort.

Der Bau kühner Steinbrücken mit groſsen Spannweiten und beträchtlicher Inanspruchnahme des Materials kommt — angeregt durch wohlgelungene französische Bauwerke solcher Art — auch in Deutschland allmählich in Aufnahme; dabei machen Gegenden, in welchen gute Steine vorhanden sind, den Wettbewerb nahezu unvergänglicher Steinbauten mit den seitens der Ingenieure bisher meist bevorzugten Eisenbauten besonders leicht möglich. Vornehmlich diesem Umstande ist es zu danken, daſs auch in Württemberg der Bau groſser Steinbrücken mehr und mehr Eingang findet.

Die Brücke über die Nagold bei Teinach,[1] im Jahre 1882 erbaut, war das erste gröſsere Werk der bezeichneten Art in Württemberg. Die beim Bau derselben gemachten Erfahrungen haben den Ausgangspunkt für die im Folgenden zu besprechenden Fortschritte in der Kunst des Wölbens groſser Steinbrücken gebildet, und es wird deshalb angezeigt sein, die Grundsätze der Ausführungsweise der oben genannten Brücke hier kurz darzulegen. Die Brücke hat, wie die nachstehende Zeichnung entnehmen läſst, eine sichtbare Spannweite von 33 m bei 3,3 m Pfeilhöhe, die thatsächliche Spannweite am Fundament gemessen beträgt jedoch 46 m, die nutzbare Brückenbreite 6,2 m.

Der nicht sichtbare Theil des Brückengewölbes ist im Fundament aus Beton, weiterhin aus Bruchsteinmauerwerk, das in Portlandcementmörtel versetzt wurde, hergestellt worden, wogegen zu dem sichtbaren Theil des Brückengewölbes Buntsandsteinquader und Portlandcementmörtel Verwendung fanden.

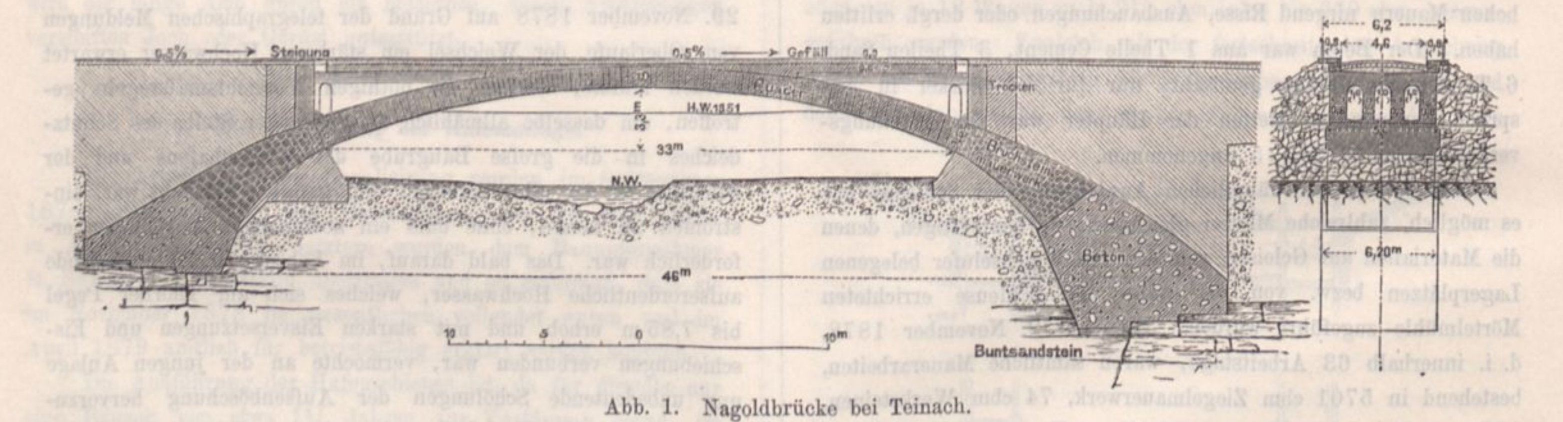


Abb. 1. Nagoldbrücke bei Teinach.

Das genügend stark gebaute, auf Pfählen ruhende Lehrgerüst ist vor Beginn des Wölbens mit den regelmäſsig aufgebeugten Gewölbquadern belastet worden, um spätere Setzungen des Lehrgerüstes beim Fortgang des Wölbens zu verhüten.

An den scheinbaren Kämpfern des Gewölbes hat man die Schichten — ähnlich wie bei der Brücke über den Drac bei Claix in Frankreich — zunächst unter Anwendung von Holzlatten und Gummischnüren trocken versetzt, hierauf das Versetzen der folgenden Gewölbquaderschichten in Cementmörtel möglichst rasch und gleichförmig von beiden Seiten der scheinbaren Kämpfer aus betrieben und gleichzeitig mit den letzten acht Schichten im Scheitel auch die oben erwähnten bis dahin leeren Fugen an den scheinbaren Kämpfern mit Cementmörtel gefüllt. Während der folgenden 42 Tage ruhte das Gewölbe auf dem Lehrgerüste, und der bei ersterem verwendete Cementmörtel konnte erhärten. Trotz der sorgfältigsten Ausführung hat die Senkung des Gewölbscheitels bei dem unter Verwendung von Sandtöpfen langsam und gleichmäſsig vollzogenen Ausschalen 43 mm betragen, auch zeigten sich die so unerwünschten Haarrisse an der äuſseren Leibung beim rechtsseitigen Kämpfer. Gab dieses Vorkommniſs auch keinen Grund zu Bedenken bezüglich der Standfähigkeit der Brücke ab, war dasselbe vielmehr vollständig und rechnungsmäſsig dadurch erklärlich, daſs erst bei und nach dem Ausschalen der Brücke der ganze Druck des sichtbaren Gewölbes auf die im Boden befindlichen, 12 bis 15 m hohen Gewölbtheile zur Wirkung kam, wodurch sowohl die etwas lose sandige Fundamentfläche als auch die Beton- und Mauermassen des sogenannten verlorenen Widerlagers sich zusammendrücken muſsten, so legte sich doch der Gedanke nahe, bei künftigen Steinbrückenausführungen eine Anordnung zu ver-

1) Zeitschrift für Baukunde 1883, S. 347 u. f.

suchen, bei welcher dem Gewölbebogen beim Ausschalen ein gewisses Mafs von Beweglichkeit im Scheitel und in den Kämpfern gewahrt und die Bildung von Gewölberissen verhütet wird.

Bekanntlich stehen in einem Gewölbe Zugspannungen und Fugentrennungen nicht zu erwarten, wenn die Drucklinie das mittlere Drittel des Gewölbes, den Kern desselben nicht überschreitet. Dieser Zustand würde unzweifelhaft herbeigeführt werden, wenn in dem Gewölbe und zwar am besten in den Bruchfugen Gelenke angebracht würden; hiermit wäre zugleich jede Unbestimmtheit bezüglich der Lage der Drucklinie im Gewölbe und bezüglich der Inanspruchnahme des Gewölbmaterials beseitigt.

Schon Dupuit[1]) sagt, es sei gewifs nahe liegend, für diejenigen Theile der Gewölbe, bei welchen sich die Pressung der Leibung am meisten nähere, härtere Baustoffe als im übrigen Theil zu verwenden, auch könne man an solchen Stellen den Fugendruck mittels einer nach einer gebrochenen oder bogenförmigen Fläche anzuordnenden Fugenform auf die Mitte der Fuge übertragen. Lege man den Berührungspunkt der Fugenflächen in einen Abstand von einigen Centimetern von der Fugenmitte, so können die betreffenden Wölbsteine beim Ausschalen der Brücke so aufeinander rollen, dafs nach dem Ausschalen die Berührung der Fugen und die Druckübertragung genau in der Mitte der ersteren stattfinde. Es sei durchaus nicht ohne Vorgang, dafs man dem Steine aufserordentlich grofse Lasten zu tragen gebe; man könne indessen die Tragfähigkeit der Steine auch durch Einlegung zweier Gufsplatten, durch Bleieinlagen von 2 bis 3 mm Dicke schützen; fülle man die so behandelten Fugen nach dem Ausschalen der Brücke mit Mörtel, so werden sich dieselben in nichts von den übrigen Fugen des Gewölbes unterscheiden. Auch fehlt es in den meisten Lehrbüchern über Brückenbau nicht an dem Hinweise auf die Möglichkeit, Steinbögen durch Einlegen eiserner cylindrischer Gelenke oder Aehnliches statisch bestimmt zu machen. Ausgeführt wurden jedoch derartige Anlagen noch nie.

Bei den im folgenden zu behandelnden vier Steinbrücken sind nun zwar keine förmlichen Gelenke in das Gewölbe eingelegt worden, wohl aber hat man in die Scheitel- und die sichtbaren Kämpferfugen Bleiplatten eingefügt, welche höchstens das mittlere Drittel der Fugenbreite einnehmen. Geht man mit der den Bleieinlagen zu gebenden Breite bis auf dasjenige Mafs herab, welches mit Rücksicht auf die Druckfestigkeit des Bleies und der verwendeten Wölbsteine noch zulässig erscheint, so vermindert sich die Breite der Bleistreifen derart, dafs dieselben gelenkartige Bewegungen der zwischen ihnen befindlichen Bogentheile ohne Anstand ermöglichen; zugleich wird hierbei die Unbestimmtheit über die Lage der Drucklinie im Gewölbe auf eine sehr schmale Zone eingeschränkt.

Als Material für die gelenkartigen Einlagen in die Scheitel- und Kämpferfugen ist Blei gewählt worden, weil dasselbe die Eigenschaft hat, unter hohem Druck seitlich auszuweichen, ohne seinen Zusammenhang zu verlieren, wobei die Erbreiterung der Druckfläche beim seitlichen Ausweichen sofort eine Verminderung der Flächenpressung herbeiführt.

1) Traité de l'équilibre des voutes et de la construction des ponts en maçonnerie, 1870, S. 193 u. f.

Im Frühjahr 1885 stellte die Materialprüfungsanstalt der technischen Hochschule in Stuttgart Versuche über die zulässige Druckbelastung des Bleies an.[1]) Dieselben ergaben, dafs gewöhnliches Gufsblei in Form von Würfeln von 8 cm Seitenlänge und 11,3 specifischem Gewicht einen Druck von 50 at (kg auf 1 qcm) während der Dauer von 26 Stunden ertrugen, ohne eine Neigung zum seitlichen Ausweichen wahrnehmen zu lassen; dagegen begann das Blei bei einem Druck von 72 at langsam auszuweichen. Die nachstehende Zeichnung läfst den weiteren Gang der Versuche erkennen, als die Belastung des Probewürfels von 10 zu 10 Minuten in der unten angegebenen Weise verstärkt wurde; die Zusammendrückung und das seitliche Ausweichen des Bleies nahmen hierbei so rasch zu, dafs der Druck auf den nach dem Ausweichen des Bleies in dem Probekörper thatsächlich vorhandenen Flächenquerschnitt nur unerheblich anwuchs, obgleich der Gesamtdruck auf das Blei von 300 auf 900 at des ursprünglichen Würfelquerschnitts zugenommen hatte.

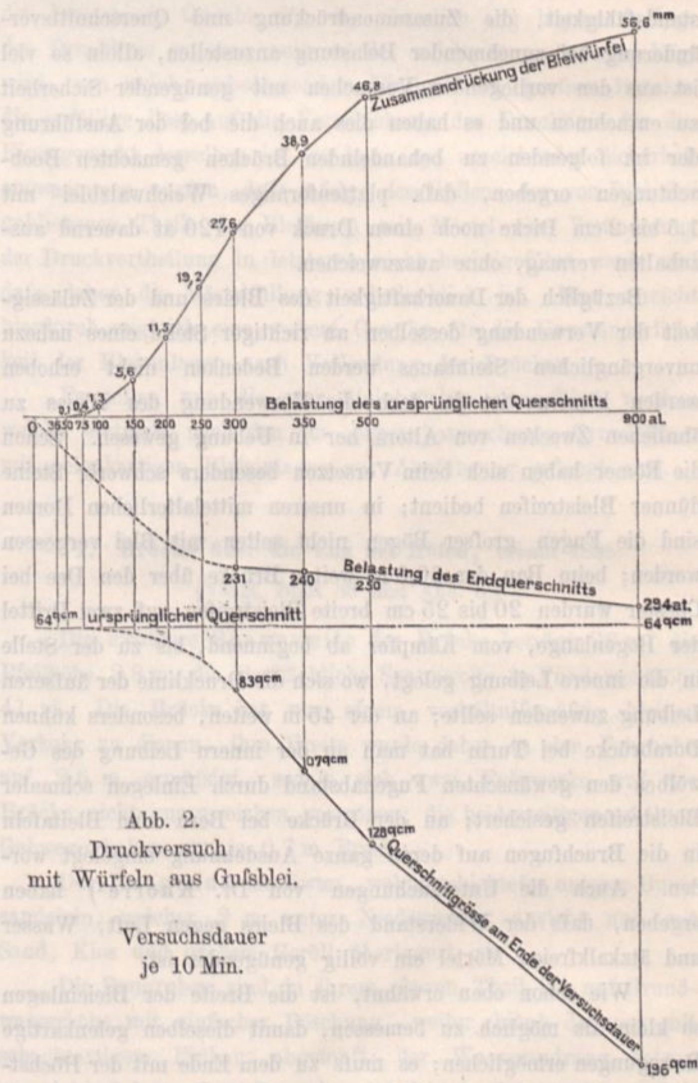


Abb. 2. Druckversuch mit Würfeln aus Gufsblei.

Versuchsdauer je 10 Min.

Für den vorliegenden Zweck ist diese Eigenschaft des Bleies von ganz besonderem Werth, denn nähert sich die Drucklinie eines Gewölbes infolge der bei der Ausführung eintretenden Vorkommnisse dem Rande der Bleiplatte, wird hierdurch der Flächendruck in einer den Druckwiderstand des Bleies übersteigenden Weise gesteigert, so beginnt das Blei an der am höchsten in Anspruch genommenen Seite auszuweichen, der Flächendruck vermindert sich sofort wieder bis auf dasjenige

1) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1885, S. 629.

Mafs, bei welchem das Blei noch Stand hält. Scheiben von Gufsblei von 16 cm Durchmesser und 1,5 cm Dicke verhielten sich wesentlich anders als die besprochenen Bleiwürfel von 8 cm Seitenlänge. Die ersteren ertrugen eine Belastung von 100 at dauernd, ohne auszuweichen, bei 150 at dagegen fingen auch sie an, langsam auszuweichen. Scheiben von Weichwalzblei zeigten dieselbe Festigkeit wie diejenigen von Gufsblei. Würfel von Hartblei von 8 cm Seitenlänge endlich ertrugen noch weit höhere Belastungen; bei 250 at waren sie noch völlig standsicher, und erst bei 300 at begannen sie, wenn auch nur langsam, auszuweichen.

Es ist nun zwar unbedingt zuzugeben, dafs die vorstehend geschilderten Versuche, für welche die in der Stuttgarter Materialprüfungsanstalt vorhandenen Einrichtungen nicht ausreichend erscheinen, noch manches zu wünschen übrig lassen, es ist insbesondere nicht zu verkennen, dafs es sehr angezeigt ist, mit Scheiben von Gufs-, Weichwalz- und Hartblei ausgedehntere, auf längere Zeiträume sich erstreckende Versuche über die Widerstandsfähigkeit, die Zusammendrückung und Querschnittsveränderung bei zunehmender Belastung anzustellen, allein so viel ist aus den vorliegenden Versuchen mit genügender Sicherheit zu entnehmen und es haben dies auch die bei der Ausführung der im folgenden zu behandelnden Brücken gemachten Beobachtungen ergeben, dafs plattenförmiges Weichwalzblei mit 1,5 bis 2 cm Dicke noch einen Druck von 120 at dauernd auszuhalten vermag, ohne auszuweichen.

Bezüglich der Dauerhaftigkeit des Bleies und der Zulässigkeit der Verwendung desselben an richtiger Stelle eines nahezu unvergänglichen Steinbaues werden Bedenken nicht erhoben werden können; ist ja doch die Verwendung des Bleies zu ähnlichen Zwecken von Alters her in Uebung gewesen. Schon die Römer haben sich beim Versetzen besonders schwerer Steine dünner Bleistreifen bedient; in unseren mittelalterlichen Domen sind die Fugen grofser Bögen nicht selten mit Blei vergossen worden; beim Bau der 60,9 m weiten Brücke über den Dee bei Chester wurden 20 bis 25 cm breite Bleistreifen auf zwei Drittel der Bogenlänge, vom Kämpfer ab beginnend, bis zu der Stelle in die innere Leibung gelegt, wo sich die Drucklinie der äufseren Leibung zuwenden sollte; an der 45 m weiten, besonders kühnen Dorabrücke bei Turin hat man an der innern Leibung des Gewölbes den gewünschten Fugenabstand durch Einlegen schmaler Bleistreifen gesichert; an der Brücke bei Bern sind Bleitafeln in die Bruchfugen auf deren ganze Ausdehnung eingelegt worden. Auch die Untersuchungen von Dr. Knorre[1]) haben ergeben, dafs der Widerstand des Bleies gegen Luft, Wasser und ätzkalkfreien Mörtel ein völlig genügender ist.

Wie schon oben erwähnt, ist die Breite der Bleieinlagen so klein als möglich zu bemessen, damit dieselben gelenkartige Bewegungen ermöglichen; es mufs zu dem Ende mit der Höchstinanspruchnahme des Bleies bis auf dasjenige Mafs aufgestiegen werden, bei welchem dasselbe seitlich auszuweichen beginnt, d. h. bei Weichwalzblei bis auf etwa 120 at. Es entsteht nun zunächst die Frage, ob es zulässig ist, das Steinmaterial des Gewölbes in solcher Weise zu beanspruchen. Diese Frage ist unbedingt zu bejahen, denn abgesehen davon, dafs auch bei grofsen Brücken mit eisernem Oberbau die Auflagerquader in einer das gewöhnlich zulässige Mafs übersteigenden Weise in

1) Centralbl. der Bauverw. 1887, S. 225.

Anspruch genommen werden — (nach „Lohse: Die Eisenbahnbrücken über die Elbe bei Hamburg und Harburg“[1]) sind die Auflagersteine der Coblenzer Rheinbrücke mit 63 at, diejenigen der Kölner Rheinbrücke mit 54 at beansprucht) —, wäre es unschwer und ohne verhältnifsmäfsig erheblichen Aufwand möglich, die Bleiplatten zwischen Steine von besonders hoher Druckfestigkeit, wie Basalt, Granit u. dergl., einzulegen; sind ja doch beispielsweise in Württemberg Basalte mit bis zu 2768 at, Granite mit bis 1799 at, Kieselsandsteine des Buntsandsteins mit bis 1680 at, körnige Muschelkalksteine mit bis 1781 at, Keupersandsteine mit bis zu 1624 at Druckfestigkeit erhältlich. Aufserdem haben die von Durand-Claye 1885/86 vorgenommenen Untersuchungen[2]) über den Druckwiderstand nur theilweise belasteter Steine die Richtigkeit der Anschauung vollständig und zahlenmäfsig bestätigt, wonach die im Innern einer Fugenfläche auf einen kleinen Theil derselben zur Wirkung gelangende Pressung auf die Flächeneinheit erheblich höher sein kann, ohne zum Bruch zu führen, als bei gleichmäfsiger Pressung der ganzen Fugenfläche oder eines der Fugenkante nahe tretenden Theils derselben. Beispielsweise haben Cementwürfel von 18 cm Seitenlänge und 576 at Druckfestigkeit nach den erwähnten Untersuchungen unter gufseisernen Stempeln von quadratischer Seitenlänge nachstehende Flächenpressungen in der Stempelauflagerfläche ertragen bis der Bruch eintrat:

Seitenlänge des Stempels	8	7	6	5	4	3	2	1 cm.
Pressung beim Bruch	673	775	922	1047	1357	1560	2633	4468 at.

Man wird, wie schon oben ausgeführt, die Breite der Bleieinlagen keinenfalls gröfser als zu ein Drittel der Fugenbreite wählen, die Beanspruchung des Steins mit 120 at zunächst der am meisten geprefsten Kante der Bleiplatte ist alsdann $\frac{120}{1560} = \frac{1}{13}$ der Bruchfestigkeit, falls die Umgebung der Bleitafeln aus Steinen von 576 at Druckfestigkeit bestehen würden; thatsächlich haben die Bleifugenquader, welche bei den vier im folgenden zu besprechenden Brücken verwendet sind, nicht unter 760 at Druckfestigkeit besessen, die hierbei erreichte Sicherheit gegen das Zerdrücken der Steine neben den Bleiplatten ist dementsprechend noch erheblich höher und jedenfalls vollkommen zureichend. Anders läge die Sache dann, wenn die Bleifugenquader nicht nur auf rückwirkende Festigkeit, sondern auch auf Biegung beansprucht werden würden, allein dies kann sicher durch sorgfältiges Füllen der den Bleifugen zunächstliegenden Mörtelfugen verhütet werden.

Die im Gewölbe auftretende Drucklinie würde dann die günstigste Lage annehmen, wenn beim Senken des Lehrgerüsts der Schlufs in der Bleifuge derart erfolgte, dafs die Bleiplatten gleichmäfsig gedrückt sind, die Drucklinie also durch ihre Mitte geht. Es ist praktisch nicht wohl möglich, einen derartigen Vorgang mit Sicherheit herbeizuführen, dagegen unterliegt es keinem Anstand, das Versetzen der Gewölbsteine so zu bewerkstelligen, dafs beim Gewölbeschlufs, der am besten neben den Bleieinlagen selbst erfolgt, die letzteren gleichmäfsig an den Bleifugenquadern anliegen; die Drucklinie kann alsdann von der Mitte der Bleiplatte ab insoweit und zwar an den Kämpfern nach unten und im Scheitel nach oben ausweichen, bis infolge der hierbei eintretenden ungleichförmigen Druckvertheilung in

1) Zeitschrift für Bauwesen 1885, S. 198.
2) Annales des ponts et chaussées 1887, S. 230.

der Bleiplatte der Höchstbetrag der Pressung in den Kämpfern an der unteren, im Scheitel an der oberen Kante die der Standfähigkeit des Bleies entsprechende Pressung (für Weichbleiplatten etwa 120 at) erreicht. Wählt man die Breite der Weichbleiplatte so, dafs bei der Annahme gleichförmiger Druckvertheilung in derselben die Inanspruchnahme $\frac{120}{2} = 60$ at beträgt, so kann die Zone, innerhalb welcher die möglichen Drucklinien bei den Bleiplatten sich befinden, nur eine Breite von ein Sechstel der betreffenden Bleiplattenbreite oder ein Achtzehntel der Fugenbreite erreichen, und zwar liegt diese Zone in den Kämpferfugen von der Mitte aus nach unten, in der Scheitelfuge nach oben. Mit der engen Eingrenzung der Lage der Drucklinie im Gewölbe werden auch die bei der bisherigen Ausführungsweise der Gewölbe so beträchtlichen Schwankungen bezüglich der Inanspruchnahme des Gewölbmaterials auf ein geringes Mafs vermindert. Man vermag demgemäfs bei der Verwendung von Bleieinlagen nicht nur die Standfähigkeit der Brückengewölbe mit gröfserer Sicherheit zu verfolgen, sondern man ist auch — und dies ist der vornehmlichste Werth der neuen Bauweise — im Stande, die Inanspruchnahmen der Gewölbematerialien mit weit gröfserer Genauigkeit und Zuverlässigkeit zu berechnen. Infolge dessen ist es möglich, unter Annahme eines gewissen Sicherheitsgrades die Gewölbebrücken mit kleinerem Materialverbrauch und erheblich gröfseren Spannweiten, als bislang, zur Ausführung zu bringen.

Die neuesten Ausführungen weitgesprengter Steinbrücken, vornehmlich in Frankreich,[1]) bei welchen die beliebte Herstellung des Gewölbes in einzelnen Ringen, der Beginn des Wölbens von künstlichen auf der Schalung der Lehrbögen aufgebrachten Widerlagern, der gleichzeitige Schlufs der so gebildeten Lücken, die Verwendung besonders trocken behandelten Cementmörtels und lange Ruhepausen vom Gewölbschlufs bis zum Ablassen des Lehrgerüstes die Grundzüge des Verfahrens bildeten, haben zwar insofern zu günstigen Ergebnissen geführt, als sich nur unbedeutende Senkungen der Gewölbescheitel beim Ausschalen ergaben. Die Brücke von Castelet mit 41,20 m Spannweite und 13 m Pfeilhöhe senkte sich nur 53 mm, die Brücke von Lavour mit 61,50 m Spannweite und 26,60 m Pfeilhöhe nur 17 bis 21 mm, die 47,40 m weite, 11 m Pfeilhöhe besitzende Brücke von Antoinette gar nur 13 mm; auch zeigte nur die erstgenannte Brücke beim Ausschalen leichte Risse im äufseren Gewölbrücken, während die beiden anderen Brücken vollständig unbeschädigt geblieben sein sollen. Allein die derart hergestellten Bauten ermangeln der für weitgehende Materialbeanspruchung so nothwendigen Sicherheit über die Lage der Drucklinie und den Höchstbetrag der Beanspruchung des Gewölbmaterials. Die Thatsache, dafs derartige Brücken standfähig sind, ist nur ein Beweis dafür, dafs die Drucklinie im Gewölbe einen solchen Verlauf nimmt, dafs die Inanspruchnahme des Wölbmaterials in den Fugen weder die Druck- noch die Zugfestigkeit des letzteren übersteigt; wie grofs die Beanspruchung im einzelnen ist, das bleibt innerhalb meist weit auseinander liegender Grenzen unbekannt. Den besten Beleg hierfür giebt die bekannte Versuchsbrücke von Souppes,[2]) die erst brach, als die Schwächung der Scheitelstärke soweit getrieben war, dafs die dort auftretende Pressung die Bruchfestigkeit des verwendeten Gesteins mit 405 at erreichte. Auch die neuerdings so beliebte Annahme, wonach das Steingewölbe bei Verwendung entsprechenden Mörtels als ein elastischer, gegen Zug und Druck widerstandsfähiger Bogen von gleichartiger Beschaffenheit zu betrachten und zu behandeln sein solle, bringt keine Klarheit in die rechnungsmäfsige Untersuchung der Gewölbe. Ueberdies sollte es weder erwünscht, noch beabsichtigt sein, Steine und Mörtel eines Brückengewölbes auch auf Zug zu beanspruchen, da die Zugfestigkeit der genannten Baustoffe nur ein Zehntel und weniger von der Druckfestigkeit derselben beträgt; hier ist vielmehr die Druckbeanspruchung mindestens ebensosehr am Platze wie bei Gufseisen.

1) Annales des ponts et chaussées 1886, S. 409 u. f.
2) Annales des ponts et chaussées 1868.

Endlich wäre noch die Frage zu erörtern, ob es zweckmäfsiger ist, die Bleifugen offen zu lassen oder nach Vollendung der Brücke ihre von Blei frei gebliebenen Theile mit Mörtel zu füllen. Unzweifelhaft richtiger wäre das erste Verfahren, weil hierbei für jede Belastungsweise der Brücke die im vorstehenden bezeichnete Gewähr für die räumlich eng begrenzte Lage der Drucklinie gegeben sein würde; allein wenn berücksichtigt wird, von welch unbedeutendem Einflufs bei grofsen Brücken die zufällige Last auf die Verschiebung der Drucklinie für das Eigengewicht derselben ist, so kann mit zureichender Sicherheit angenommen werden, dafs infolge des Füllens der von Blei frei gebliebenen Theile der Bleifugen mit Mörtel eine Veränderung der Druckvertheilung in letzteren nicht herbeigeführt werde und dafs daher die Mörtelfüllung unbedenklich ist. Man erreicht hierdurch zugleich eine weitere Gewähr für die Unveränderlichkeit der Bleieinlagen nach Vollendung der Brücken.

Es sollen nun die vier Steinbrücken vorgeführt werden, welche erstmals nach den im obigen besprochenen Grundsätzen mit gelenkartigen Bleieinlagen zur Ausführung gelangt sind.

1. **Brücke über die Enz bei Höfen,** erbaut 1885.

(Vergl. Blatt 38 und Abb. 3.)

Die sichtbare Spannweite der Brücke beträgt 28 m, die Pfeilhöhe 2,8 m, die thatsächliche Spannweite in Fundamenthöhe 41 m. Die Brücke hat nur einem verhältnifsmäfsig kleinen Verkehr zu dienen, ihre Breite wurde daher in der Fahrbahn auf 2,5 m ermäfsigt, sodafs sich zwei Fuhrwerke auf der Brücke nicht auszuweichen vermögen; die beiderseitigen erhöhten Gehwege haben nur je 0,7 m Breite.

Der Baugrund ist fester, wohlgeschichteter unterer Buntsandstein, welcher 2 m unter Niederwasser ansteht und mit Sand, Kies und grobem Geröll überlagert ist.

Die Baugruben sind in ihrem oberen Theil bis auf Grundwasserhöhe mit einfacher Böschung, weiter hinab dagegen mit schachtartigem Einbau abgeteuft; der Wasserandrang betrug nur 4 bis 5 l in einer Secunde und konnte daher mit gewöhnlichen Baupumpen ohne Schwierigkeit bewältigt werden.

Der nicht sichtbare Theil des Gewölbes ist unmittelbar über der Fundamentfläche aus Stampf-Beton, im Verhältnifs 1 Portlandcement zu 3 Sand und 6 Sandsteingeschläge mit 30 pCt. Sandsteineinlage, schichtenförmig nach dem Halbmesser des Bogens gerichtet, hergestellt worden. Der hierzu sowie zum Mörtel verwendete Portlandcement wurde von der Cementfabrik Blaubeuren nach den bekannten Normen geliefert; die Uebernahme des Cements erfolgte derart, dafs von jeder Eisenbahn-

wagenladung Proben entnommen, mit Normalsand im Verhältnifs 1 zu 3 gemischt und auf ihre Zugfestigkeit untersucht wurden, nachdem sie einen Tag unter Wasser und sechs Tage an der Luft erhärtet waren; rasch bindender Portlandcement, der nur bei den Fundamentbögen Anwendung fand, mufste hierbei mindestens 8 at, langsam bindender Portlandcement dagegen nicht unter 12 at Zugfestigkeit besitzen.

Auf dem Beton setzt rauhes, mit gewölbartigen Fugen versehenes Bruchsteinmauerwerk auf. Dasselbe ruht auf einer Steinbeugung, welche behufs der Herstellung der inneren Gewölbeleibungsform mit einem Mörtelüberzug versehen wurde. Das Bruchsteinmauerwerk besteht aus wenig bearbeiteten Buntsandsteinen, die in möglichst trocken gehaltenen Portlandcementmörtel, im Verhältnifs 1 Portlandcement zu 3 Sand gemischt, eingestofsen wurden. Der Mörtelverbrauch betrug hierbei 20 pCt. des Mauerkörpers.

Das Lehrgerüst wurde theils auf eingerammte Pfähle, theils auf rauh gemauerte Steinpfeiler gestellt. Die Lehrbögen wurden nach Aufzeichnung auf einem Reifsboden gezimmert, wobei zugleich die Fugentheilung und Richtung in die Bogenhölzer und Schwellen der beiden äufseren Lehrbögen eingeschnitten worden sind. Zur Unterstützung der Lehrbögen dienten die auch beim Bau der Teinacher Brücke verwendeten gufseisernen Sandtöpfe mit 25 cm quadratischer Grundfläche bei 12 cm Sandfüllung; der sorgfältig gewaschene und dann getrocknete Sand ist durch Blechschilde gegen das Eindringen des Regens geschützt worden. Man überhöhte die Sandfüllung um 5 mm, um dem Zusammendrücken derselben beim Aufbringen der Lehrbögen Rechnung zu tragen. Die letztern sind vor dem Beginn der Wölbung mit sämtlichen Gewölbequadern belastet worden, das Aufbringen derselben erfolgte allmählich, thunlichst gleichförmig und zugleich in solcher Ordnung, dafs die Steine in der Reihenfolge von den Quaderbeugen abgenommen werden konnten, welche der regelmäfsige Fortgang der Wölbung nothwendig machte. Das Belasten der Lehrbögen erforderte zehn Arbeitstage, die Bewegungen des Lehrgerüsts waren hierbei gering, indem nur an zwei Schappelhölzern eine Abwärtsbewegung von je 3 mm, an einem Joche eine solche von 1 mm wahrnehmbar war.

Zur Herstellung der Quadergewölbe und des übrigen Quader- und Mauerwerks fanden vorzügliche Waldfindlinge, dem Buntsandstein angehörig, wie sie sich 2 km entfernt von der Baustelle vorfanden, Verwendung; dieselben besitzen nach den in der Stuttgarter Materialprüfungsanstalt vorgenommenen Druckproben eine Druckfestigkeit von 888 bis 1003 at, im Mittel von 935 at.

In die Mitte der beiden sichtbaren Kämpferfugen sind Platten von Weichwalzblei von 50 cm Breite und 20 mm Stärke eingelegt worden. Die Länge der einzelnen Platten beträgt je 1,05 m, sie sind in Längsabständen von 10 cm verlegt. Die Platten ruhen mit ihrer Unterkante auf je drei Stiften, die in entsprechende, mit Blei gefüllte Löcher so eingetrieben wurden, dafs ihre Köpfe nur etwa 10 mm über die Fugenfläche hervorragten. Man trieb die Bleiplatten mit Holzschlegeln leicht an den unteren Gewölbquader an, legte den nächsten sorgfältig gegen die Bleiplatte und sicherte nachher den leeren Theil der Fuge mittels Einstopfens von Werg und Aufbringens eines leichten Cementstrichs gegen das Eindringen von Sand, Schmutz u. dergl. Im Gewölbescheitel wurde in gleicher Weise eine Bleiplatte von 35 cm Breite und 20 mm Dicke in drei Stücken eingebracht.

Das Wölben erfolgte unter Zuhülfenahme zweier Maschinenwagen von den beiden Kämpfern aus unter Einhaltung einer normalen Fugenweite von 15 mm. Man sicherte die letztere mittels Einlegens von Lättchen von Weichholz von 50/15 mm Querschnitt; waren die Quader einer Schicht versetzt, so wurden die Fugen rein gewaschen, die inneren Leibungs- und die beiden Stirnfugen auf 3 cm Tiefe mit Werg zugestopft und nachher mit dickflüssigem Portlandcementmörtel im Verhältnifs 1 Cement zu $1^1/_2$ Sand vergossen. Der Mörtel ist hierbei mittels entsprechender Flacheisen fest in die Fugen eingestofsen und die Bildung von Hohlräumen sicher vermieden worden; die letzte Quaderschicht mufste vor dem Füllen der benachbarten Fuge gegen den Lehrbogen kräftig abgespriefst werden, damit kein seitliches Ausweichen der Quader ermöglicht war. In der Nähe des Scheitels füllte man die letzten fünf Schichten gleichzeitig mit Mörtel.

Acht Maurer und ebensoviel Handlanger versetzten das Gewölbe, in zwei Arbeitsgruppen getheilt, innerhalb der kurzen Zeit von $7^1/_4$ Arbeitstagen.

Behufs der Verhütung vorzeitiger Entleerung der die Lehrbögen tragenden Sandtöpfe wurden die letzteren oberhalb der Entleerungsschieber mit einer elektrischen Leitung derart verbunden, dafs bei jeder Bewegung des Entleerungsschiebers elektrische Läutewerke auf der Bauhütte und in der Wohnung des benachbarten Bahnwärters in Thätigkeit treten mufsten, wodurch sofortige Nachschau nach Unberufenen möglich gewesen wäre. Die ganze Einrichtung hat nur einen Aufwand von 90 ℳ verursacht und die Bewachung der Baustelle während des Wölbens entbehrlich gemacht.

Während des Versetzens der den Kämpfern zunächst gelegenen fünf Quaderschichten liefsen die Bleifugen eine Veränderung derart wahrnehmen, dafs sich die Fugenweite daselbst an der inneren Leibung wenig verengte und an der äufseren Leibung erweiterte.

Nach erfolgtem Gewölbeschlufs hat man die beiden klaffenden Bleifugen der Kämpfer auf die Breite der Platten mit Blei vergossen und hierauf dem Mörtel des Gewölbes während zwei Wochen die erforderliche Zeit zum Erhärten gewährt.

Das erste Absenken des Gewölbes konnte schon 15 Tage nach dem Gewölbeschlufs erfolgen. Hierbei entnahmen 21 Mann gleichförmig mittels entsprechend grofser Blechgefäfse je eine der Senkung des Stempels des Sandtopfs um 3 mm entsprechende Sandmenge. Nach sechs Sandentnahmen betrug die Scheitelsenkung flufsauf 19,5 mm, flufsab 15,5 mm; 28 Tage nach Gewölbeschlufs erfolgte eine weitere Absenkung und zwar drei Sandentnahmen mit einer Gesamt-Scheitelsenkung flufsauf von 30 mm, flufsab von 26 mm, 35 Tage nach Gewölbeschlufs endlich erfolgte die vollständige Freilegung des Bogens mit vier Sandentnahmen und einer Gesamtsenkung flufsauf von 42,5 mm, flufsab von 38 mm. Innerhalb der nächsten vier Wochen konnte das Aufmauern der Entlastungsbögen, des Stirngemäuers und die gänzliche Fertigstellung der Brückenaufmauerung vollzogen werden, die Senkung des Scheitels erhöhte sich neun Wochen nach Gewölbeschlufs flufsauf auf 59 mm, flufsab auf 52,5 mm, spätere Beobachtungen liefsen keine weitere dauernde Scheitelsenkung wahrnehmen.

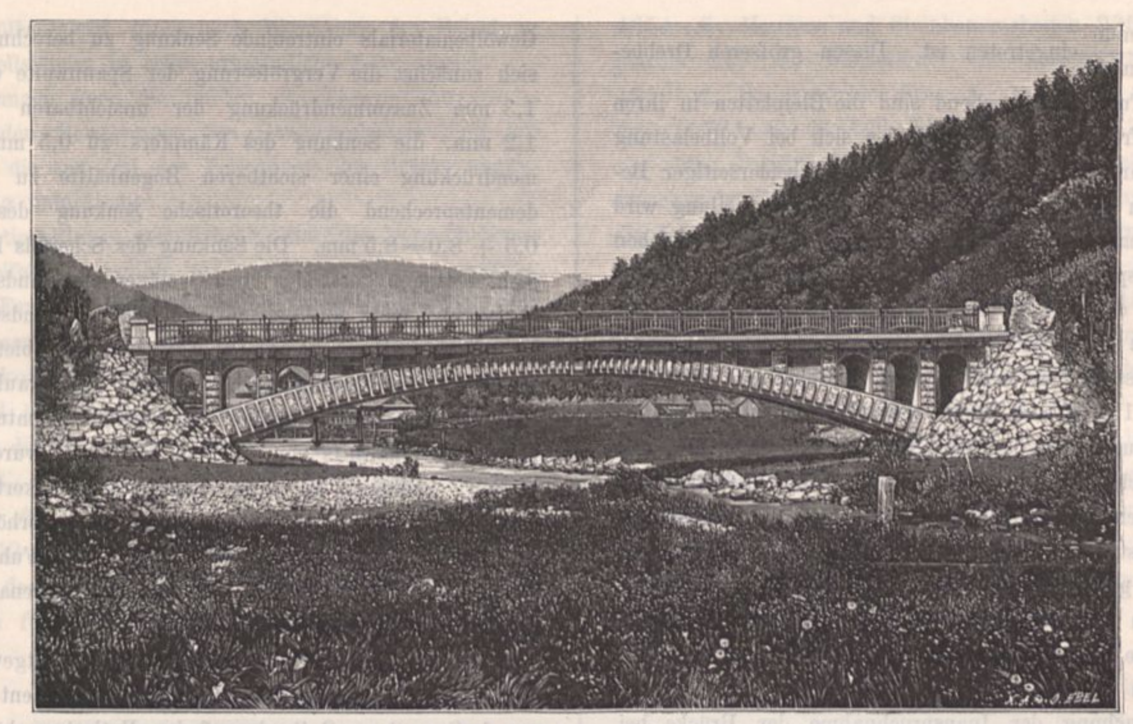


Abb. 3. **Enzbrücke unterhalb Höfen.**

Von besonderem Interesse dürften die Beobachtungen sein, welche bezüglich des Verhaltens der Bleifugen, während des Absenkens des Gewölbes gemacht worden sind; es betrug

die Fugenweite an der Bleifuge im Scheitel

	flufsauf		flufsab	
	äufsere Leibung mm	innere Leibung mm	äufsere Leibung mm	innere Leibung mm
nach dem Gewölbeschlufs	21	23	17	24
„ „ 1. Absenken des Lehrbogens	20	21	16	24
„ „ 2. „ „ „	20	21,5	15,5	24
„ „ 3. „ „ „	19	22,3	14,5	24,8
„ Fertigstellung des Aufbaues der Brücke	18,6	22,3	14,3	24,7

und

die Fugenweite der Bleifuge am Kämpfer

	am linken Ufer				am rechten Ufer			
	flufsauf		flufsab		flufsauf		flufsab	
	äufsere Leibung mm	innere Leibung mm	äufsere Leibung mm	innere Leibung mm	äufsere Leibung mm	innere Leibung mm	äufsere Leibung mm	innere Leibung mm
nach dem Gewölbeschlufs	29	12	26	18,5	33	14	32	18
„ „ 1. Absenken des Gewölbes	30	11,5	26	17	33	12,5	32	17
„ „ 2. „ „ „	30	11	26,5	16	33	12	32	16,5
„ „ 3. „ „ „	30,5	10,5	26,5	15,5	33,6	11,5	32,4	15,9
„ Fertigstellung des Aufbaues der Brücke . .	30,3	10,5	26,3	15,4	33,4	11,1	32,2	15,7

Die Bleiplatte im Scheitel ist während des Absenkens des Gewölbes und bis zur gänzlichen Fertigstellung der Aufmauerung auf dem Gewölbe stets vollständig mit den beiderseitigen Quadern in Berührung geblieben, sie mufs daher auf ihre volle Breite den Scheiteldruck aufnehmen. Da sich die Zusammenpressung der Scheitelfuge auf Grund vorstehender Zusammenstellung derart vollzog, dafs sich die Fuge in der inneren Leibung um 0,7 mm, in der äufseren Leibung dagegen um 2,4 bis 2,7 mm verengte, so kann die Pressung in der Bleiplatte keine gleichförmige sein. Ein Ausweichen der Bleiplatte wurde nicht wahrgenommen. Nach den im Vorwort gegebenen Erläuterungen kann die Drucklinie sich sonach nur in einer Zone befinden, welche von der Plattenmitte nach oben um ein Sechstel der Bleiplattenbreite, d. h. 5,8 cm ab liegt; der gröfste hierbei auftretende Flächendruck an der oberen Kante der Bleiplatte beträgt nicht mehr als 120 at und die gröfste Inanspruchnahme des Steinmaterials in den dem Scheitel zunächst liegenden Mörtelfugen ungünstigstenfalls nicht mehr als 28,2 at. Die Bleiplatten in den Kämpfern haben sich dagegen in anderer Weise verhalten; hier haben sich die Fugen am $\frac{\text{linken}}{\text{rechten}}$ Kämpfer in der äufseren Leibung um $\frac{1{,}3 \text{ bezw. } 0{,}3 \text{ mm}}{0{,}4 \text{ bezw. } 0{,}2 \text{ mm}}$ erweitert, während in der inneren Leibung eine Fugenverengung von

$\frac{1{,}5 \text{ bezw. } 3{,}1 \text{ mm}}{2{,}9 \text{ bezw. } 2{,}3 \text{ mm}}$ eingetreten ist. Diesen gröfseren Drehbewegungen der Fugen entsprechend sind die Bleiplatten in ihren oberen Theilen frei geworden, sodafs sie sich bei Vollbelastung des Gewölbes nur noch auf 35 cm Breite in beiderseitiger Berührung mit den Quadern befanden; die Druckvertheilung wird sich auf die genannte Breite in Form eines Dreiecks vollziehen und der Angriffspunkt der Drucklinie des Gewölbes bei Vollbelastung kann daher äufsersten- und ungünstigstenfalls nur um 13,3 cm von der Mitte der Bleiplatten nach unten abliegen, die gröfste Pressung in den unteren Kanten der Bleitafeln erreicht hierbei 130 at und es ist hierdurch vollständig erklärlich, dafs kein Ausweichen des Bleies daselbst eingetreten ist. Die gröfste Inanspruchnahme des Steinmaterials in den der Bleiplatte zunächst liegenden Mörtelfugen kann höchstens 23 at erreichen.

Der ungünstigsten Lage der Drucklinie für Vollbelastung entspricht eine gröfste Inanspruchnahme des Gewölbematerials in der zwischen Scheitel und Kämpfer liegenden Bruchfuge von 21,6 at, eine Höchstbeanspruchung des Betons in der Fundamentfläche von 6,9 at.

Die Untersuchung der Inanspruchnahme der Brücke bei einseitiger Belastung oder beim Uebergang einer beweglichen Last bietet keinerlei Schwierigkeiten, sie kann übrigens hier wohl übergangen werden, da dieselbe die im vorstehenden gefundenen Ergebnisse nur wenig verändert.

Die gröfste Inanspruchnahme des Steinmaterials mit 120 bezw. 130 at an den meist beanspruchten Kanten der Bleitafeln selbst ist, wie schon im Vorwort ausgeführt, unbedenklich, thatsächlich hat sich auch weder an den Berührungsflächen zwischen den Bleieinlagen oder den Quadern, noch an irgend einem anderen Theile des Gewölbes die geringste Beschädigung oder die Spur eines Risses wahrnehmen lassen.

Die Senkung des Gewölbescheitels hat zwar ein gröfseres Mafs erreicht, als bei ähnlichen, in Frankreich neuerdings zur Ausführung gelangten Steinbrücken; allein hierin liegt nichts Befremdliches, weil infolge der Bleieinlagen eben die Möglichkeit gegeben war, dafs sich die Senkungen des Scheitels unter Vermeidung des Auftretens innerer Spannungen im Gewölbe vollziehen konnten. Versucht man unter Benutzung der von Bauschinger gefundenen Zahlen über die Zusammendrückbarkeit eines in Bayern vorkommenden Buntsandsteins mit 347 at Druckfestigkeit[1]) die infolge der Zusammendrückbarkeit des Gewölbematerials eintretende Senkung zu berechnen, so ergiebt sich zunächst die Vergröfserung der Spannweite der Brücke bei 1,3 mm Zusammendrückung der unsichtbaren Widerlager zu 1,2 mm, die Senkung des Kämpfers zu 0,5 mm, die Zusammendrückung einer sichtbaren Bogenhälfte zu 8,5 mm und dementsprechend die theoretische Senkung des Scheitels zu $0{,}5 + 8{,}0 = 8{,}5$ mm. Die Senkung des Scheitels hat thatsächlich mehr betragen, weil sich eben Gemäuer und Sandstein in anderer Weise und mehr zusammendrückt, als der Sandstein selbst.

Der weitere Aufbau der Brücke bietet wenig Besonderes; die Entlastungsbögen sind aus rauh bearbeiteten Bruchsteinen unter Zugabe von Portlandcementmörtel, der im Mischungsverhältnifs von 1 zu 3 hergestellt wurde, ausgeführt worden; kräftige, an ihrer Rückseite verankerte Krag- und Kehlsteine tragen leichte Steinplatten für die erhöhten Gehwege; zum Schutz der letzteren gegen anstofsende Fuhrwerke ist ein Winkeleisen, das zugleich mit den eben genannten Ankern vernietet wurde, eingelegt worden.

Die Abdeckung des Rückens des Hauptgewölbes erfolgte mittels einer 3 cm starken Decke von Portlandcement im Verhältnifs von 1 Cement zu 2 Sand; auf den Entlastungsbögen und über den dohlenartigen Theilen der Entlastungsräume der Brückenmitte ist ein 7 mm starker Asphaltfilz aufgebracht worden; ein auf letzteren aufgelegtes Belageisen und Kies in Bohnengröfse entwässern die Oberfläche des Steinbaues, dem 2 pCt. betragenden Brückengefälle entsprechend, gegen eine hinter dem rechtsseitigen Widerlager eingelegte Sickerung.

Die 2,5 m breite Fahrbahn der Brücke hat eine Porphirbeschotterung erhalten.

Das Geländer der Brücke besteht in der Hauptsache aus Schmiedeeisen, ein Meter der Länge desselben wiegt 43 kg.

Ueber die Bewegung des Brückenscheitels beim Befahren der Brücke sind mittels der bekannten Senkungsmesser von Amsler Versuche gemacht worden. Auf einem in den Flufs eingebauten Gerüste stellte man unter dem Scheitel flufsauf und flufsab je einen Apparat auf; die Uebertragung der Senkung des Gewölbescheitels auf den Apparat erfolgte mittels eines im Scheitel befestigten Eisendrahtes, der durch ein 20 kg schweres Gewicht in senkrechter Lage gehalten war; auf dem Eisendraht war ein in Millimeter getheilter Mafsstab vorhanden, der sich in einer mit einem Nonius versehenen Hülse frei auf und ab bewegt. Es wurde nachstehendes erhoben:

Art der Belastung	Belastungsgröfse Ctr.	Scheitelsenkung			
		bei rascher Fahrt		bei ruhender Last	
		flufsauf mm	flufsab mm	flufsauf mm	flufsab mm
Leere Strafsenwalze	54	0,20	0,30	0,15	0,15
Lastwagen	75	0,25	0,30	—	—
Langholzwagen	85	0,30	0,40	—	—
Scheitholzwagen	60	0,25	0,20	—	—
Bauholzwagen	80	0,30	0,40	—	—
Belastete Strafsenwalze	110	0,50	0,55	**0,35**	**0,35**
desgl. bei Bergfahrt	110	0,45	0,40	—	—
„ „ Thalfahrt	110	0,60	0,70	—	—
„ „ Bergfahrt	110	0,55	0,60	—	—
„ „ Thalfahrt	110	**0,65**	**0,80**	—	—
„ „ Bergfahrt	110	0,45	0,50	—	—

1) Bauschinger gab auf den von ihm bei der Nürnberger Ausstellung im Jahre 1882 zur Schau gestellten Tafeln die Zusammendrückbarkeit eines Buntsandsteins von 347 at Druckfestigkeit bei 10 at Druck zu 150, bei 20 at Druck zu 300, bei 30 at Druck zu 370, bei 40 at Druck zu 450 Millionstel der gedrückten Länge an.

Der Gewölbescheitel ging nach Wegnahme der Belastung stets wieder vollständig in seine ursprügliche Lage zurück.

Beobachtungen über die infolge des Temperaturwechsels auftretenden Bewegungen des Gewölbescheitels sind mit Rücksicht auf die zur Zeit der Vollendung der Brücke ungünstige Witterung unterblieben.

Nach Fertigstellung der Brücke sind die leergebliebenen Theile der Bleifugen gereinigt und mit Cementmörtel vergossen.

Die zur Fertigstellung der Brücke erforderliche Bauzeit betrug im ganzen zehn Monate.

Die Baukosten gestalteten sich folgendermaſsen:

Gründung und Aufmauerung bis zu den sichtbaren Kämpfern: Grabarbeit für die Gründung 1625 ℳ, Uferabhub und Kegelaushub 911 ℳ, Wasserhaltung 850 ℳ, Beton und Bruchsteingewölbe 4036 ℳ, Steinbeugung 181 ℳ, Insgemein 150 ℳ, zusammen 7753 ℳ;

Aufbau der Brücke über den sichtbaren Kämpfern: Zimmerarbeiten für den Bau des Maschinen- und Lehrgerüsts 4354 ℳ, Maurer- und Steinhauerarbeiten 9353 ℳ, Asphaltplatten 145 ℳ, Winkeleisen und Anker 312 ℳ, Geländer 1860 ℳ, Weichwalzblei 500 ℳ, Insgemein 200 ℳ, zusammen 16724 ℳ; demnach Gesamtaufwand 24477 ℳ.

Die Grundfläche der Brücke beträgt bei 3,90 m Weite zwischen den Geländern und 28 m sichtbarer Spannweite 109,2 qm, die Baukosten betragen daher auf das Quadratmeter Grundfläche 224 ℳ; wird die thatsächliche Stützweite — von Fundamentmitte zu Fundamentmitte gerechnet — mit 45 m der Berechnung für die Grundfläche der Brücke zu Grunde gelegt, so betragen die Kosten auf das Quadratmeter der solchermaſsen berechneten Brückengrundfläche nur 138 ℳ.

Die Bauleitung unterstand dem Königl. Bauinspector Stuppel in Calw; die unmittelbare Beaufsichtigung und Leitung der Bauausführung war dem Königl. Regierungs-Baumeister Paul Braun übertragen, dessen energischer und umsichtiger Geschäftsführung die rasche und unmangelhafte Ausführung der Brücke vornehmlich zu verdanken ist.



Abb. 4. **Enzbrücke oberhalb Wildbad.**

2. Brücke über die Enz oberhalb Wildbad, erbaut 1886.
(Vergl. Blatt 39 und vorstehende Abbildung.)

Die Brücke hat 15,6 m sichtbare Spannweite bei 3,25 m Pfeilhöhe, dagegen 20,6 m thatsächliche, in Fundamenthöhe gemessene Spannweite. Die nutzbare Breite der Brücke zwischen den Geländern beträgt 6,94 m, wovon 5,50 m auf die Fahrbahn und je 0,72 m auf beiderseitige erhöhte Fuſswege entfallen; die Brücke ist schräg im Verhältniſs von 1 zu 2 und liegt in 0,8 pCt. Straſsengefälle.

Der Baugrund ist fester Buntsandsteinfels, welcher, von Sand, Kies und grobem Geröll überlagert, 3 m unter Niederwasser ansteht.

Die Baugruben konnten ohne Holzeinbau mit dreiviertel- bis einfacher Böschung ausgehoben werden, wobei drei kräftige Baupumpen für den Wasserandrang genügten.

Der nicht sichtbare Theil des Gewölbes wurde im Trockenen aus Beton im Verhältniſs von 1 Portlandcement zu 3 Sand und 6 Sandsteinschotter unter Zugabe von 30 pCt. groſsen Sandsteinbrocken hergestellt, die Betonschichten wurden hierbei nach der Fugenrichtung eingebracht und festgestampft; in der Höhe der sichtbaren Widerlager hat man den Beton in der aus der Zeichnung (Blatt 39) ersichtlichen Weise in sechs Stufen nach dem englischen Fugenschnitt abgetreppt.

Das Lehrgerüst der Brücke muſste der Fluſsstraſse wegen eine etwas unregelmäſsige Form erhalten, es ruht theils auf eingerammten Pfählen, theils auf Trockenmauerwerk. Wie bei der Höfener Brücke haben auch hier Sandtöpfe Verwendung gefunden. Auf die Lehrbögen wurde eine volle Einschalung mit alten 8 cm starken Bohlen aufgebracht, die mit 5 mm breiten Fugen verlegt wurden. Man zeichnete auf die Schalung

die Form der Gewölbstirnen so auf, dafs die Vorderflächen der Stirnsteine senkrechte Cylinderflächen bildeten, wodurch das Stirnmauerwerk der Brücke einen nach den Kämpfern zunehmenden kräftigen Anlauf erhielt. Die Gewölbsteinschichten wurden in beiden Stirnen auf der Schalung mittels Stiften festgelegt und hierauf die Lagerfugen mittels biegsamer Holzlatten auf der Schalung aufgezeichnet. Das Lehrgerüst wurde mit dem vorhandenen Wölbmaterial belastet, soweit dies die Neigung des Lehrgerüstes ohne besondere Vorkehr zuliefs.

Das sichtbare Gewölbe besteht aus Vorsetzsteinen von Buntsandstein, welche rauh nach der Fugenrichtung bearbeitet worden sind. Zu den Stirnsteinen wurden nur Durchbinder verwendet, welche erst rauh nach dem Fugenschnitt gerichtet, auf die Schalung gelegt und nach den daselbst angebrachten Richtungslinien bearbeitet werden mufsten, ehe sie versetzt werden konnten. Die Fugenweite betrug 15 mm und wurde mittels Einlegens von Holzlättchen gesichert. Waren solchermafsen vier Gewölbeschichten nebst den zugehörigen Stirnsteinen auf der Schalung auf jeder Seite des Bogens, von beiden Kämpfern aus beginnend, trocken aufgebracht, so füllte man die Fugen mit möglichst steifem Portlandcementmörtel im Verhältnifs von 1 Cement zu 3 Sand, stiefs denselben mittels Eisenstäben satt in die Fugen ein, zog nachher die Holzlättchen aus, worauf der hinter der Vorsetzsteinen noch fehlende Theil der Gewölbstücke betonirt und festgestampft wurde.

Behufs der Festlegung der Drucklinie im Kern des Gewölbes wurden in den sichtbaren Kämpfern und im Scheitel Bleiplatten von je 20 cm Breite und 20 mm Dicke zwischen harte Buntsandsteinquader von 760 at Druckfestigkeit eingelegt; der Schräge der Brücke wegen ist die Bleifuge in sechs Absätzen abgetreppt, die Bleiplatten sind dementsprechend in Stücken von je 1 m Länge eingebracht worden.

Das Wölben erforderte nur zehn Arbeitstage, die Senkung des Lehrgerüstes und des Gewölbescheitels betrug bis zum Gewölbeschlufs flufsaufwärts 8 mm, flufsabwärts 7 mm.

Nach Verlauf von zwei Wochen hatte der Mörtel eine solche Festigkeit erreicht, dafs das Ausschalen der Brücke in gleicher Weise wie bei Brücke 1 erfolgen konnte; die Senkung des Gewölbscheitels erhöhte sich hierbei flufsaufwärts auf 12 mm, flufsabwärts auf 15 mm.

Beim Beginn des Wölbens öffneten sich die Bleifugen am Kämpfer um weitere 1 bis 2 mm, ohne Zweifel deshalb, weil der dem Kämpfer zunächst liegende Theil der Lehrbögen seiner steilen Anlage wegen zuvor nicht belastet worden ist. Die Bleiplatten der Kämpfer gelangten daher uur auf etwa 13 cm Breite zur Wirkung und die Inanspruchnahme derselben beträgt an der meistgeprefsten Kante höchstens 90 at, ein Ausweichen des Bleies war dementsprechend nicht zu beobachten. Im Scheitel gelangte die Bleiplatte auf ihre ganze Breite zur Druckaufnahme, die Höchstinanspruchnahme beträgt hier äufserstenfalls 41 at. Beim Entwurf der Brücke war sowohl für die Kämpferals auch die Scheitelfuge von einer Höchstinanspruchnahme des Bleies von 120 at ausgegangen worden. Hierbei wäre das Wölbmaterial im Scheitel höchstens mit 15 at, in der Bruchfuge mit 12,4 at, im Kämpfer mit 10,8 at in Anspruch genommen worden; die thatsächlichen Inanspruchnahmen sind dem Verhalten der Bleiplatten entsprechend nun kleiner geworden; letzterem entsprechend wäre es wohl angängig gewesen, die Breite der Bleiplatten erheblich und zwar im Scheitel auf 7 cm, im Kämpfer auf 10 cm zu ermäfsigen, die Bleieinlagen würden hierdurch noch mehr als geschehen einen gelenkartigen Charakter angenommen haben.

Um dem Gewölbe möglichst lange volle Beweglichkeit in den Bleifugen zu erhalten, hat man bei der Aufmauerung der Stirnmauern und der Mauern der Entlastungsräume treppenförmige Schlitze über den Bleifugen der Kämpfer offen gelassen, die erst zuletzt zugemauert wurden, als dies der ordnungsmäfsige Fortgang der Arbeiten nothwendig machte. Mauern und Gewölbe der Entlastungsräume sind rauh aus Beton mit Steineinlage hergestellt worden.

Die Abdeckung des Gewölberückens erfolgte in den Entlastungsräumen mittels eines 3 cm starken Cementüberzugs, im Verhältnifs von 1 Cement zu $2^1/_2$ Sand gemischt, im Brückenscheitel dagegen, sowie über den Entlastungsbögen sind 7 mm starke Asphaltplatten aufgebracht, in den Fugen und an ihrem Rande mit Theer und Cement gedichtet und mit feinem Kies in Bohnengröfse überdeckt worden.

Die Fufswege ruhen auf kräftigen, an ihrer Rückseite verankerten Kragsteinen und sind an ihrer Vorderseite mittels eines Winkeleisens gegen die Stöfse der Fuhrwerke geschützt.

Geländer und Brüstungssteine sind, dem wilden Gebirgscharakter der Umgebung entsprechend, sehr einfach gehalten worden; die Fahrbahn erhielt eine Aplitbeschotterung.

Nahezu vor gänzlicher Fertigstellung der Brücke wurden die Bleifugen mit Cementmörtel im Verhältnifs 1 zu $1^1/_2$ ausgegossen. Die Gesamtsenkung des Scheitels hat schliefslich flufsaufwärts 17 mm, flufsabwärts 19 mm erreicht; sie beträgt — vom Gewölbeschlufs ab gerechnet — nur 9 bezw. 12 mm; die wie bei Brücke 1 angestellte Rechnung ergab nur 1 mm.

Die Bauzeit betrug nur fünf Monate.

Die Baukosten betragen für die Gründung und Aufmauerung bis zu den sichtbaren Kämpfern:
Grabarbeit für die Gründung 1517 ℳ, Kegelaushub 49 ℳ, Betongewölbe 1090 ℳ, Trockenmauerwerk 211 ℳ, Böschungspflaster 821 ℳ, Portlandcement 722 ℳ, Wasserhaltung 600 ℳ, Insgemein 150 ℳ, zusammen 5160 ℳ;

Aufbau der Brücke über den sichtbaren Kämpfern:
Zimmerarbeiten für den Bausteg und das Lehrgerüst 1329 ℳ, Brückengewölbe 1347 ℳ, Entlastungsmauerwerk 1771 ℳ, Stirngemäuer 109 ℳ, Kragsteine und Fufswegplatten 935 ℳ, Trockengemäuer 310 ℳ, Brüstungssteine 80 ℳ, Portlandcement 1503 ℳ, Winkeleisen und Anker 319 ℳ, Eisernes Geländer 506 ℳ, Asphaltplatten 150 ℳ, Fahrbahn 358 ℳ, Weichwalzblei 300 ℳ, Insgemein 108 ℳ, zusammen 9197 ℳ; demnach Gesamtaufwand für die Brücke 14357 ℳ.

Die Baukosten betragen somit für das Quadratmeter der der sichtbaren Spannweite entsprechenden Grundrifsfläche 131 ℳ, für das Quadratmeter der der Stützweite — in den Fundamenten gemessen — entsprechenden Grundfläche 90 ℳ.

Die Bauleitung und Aufsicht unterstand wie bei der Brücke 1 dem Königl. Bauinspector Stuppel in Calw und dem Königl. Regierungs-Baumeister Paul Braun.

3. Brücke über die Glatt bei Neuneck, erbaut 1886.

(Vergl. Blatt 39.)

Die Brücke hat 17 m sichtbare, 20,8 m thatsächliche Spannweite und in ihrem sichtbaren Theile eine Pfeilhöhe von 3 m. Die nutzbare Breite der Brücke beträgt 5,5 m, wovon 4 m auf die Fahrbahn und je 0,75 m auf die beiderseitigen

Fufswege entfallen; sie ist schräg nach ein Fünftel, hat aber dessenungeachtet normalen Fugenschnitt erhalten.

Da die Brücke mit möglichster Kostenersparnifs wegen der Betheiligung einiger in ungünstigen Vermögensverhältnissen befindlichen Gemeinden gebaut werden mufste, so hat man beim Entwurf überall soweit als nur thunlich gespart; dementsprechend wurden insbesondere zur Ueberdeckung der Entlastungsräume Belageisen mit dazwischen gelegten vorlegeartigen Gewölben verwendet und zugleich die weit vorspringenden Fufswege auf die Belageisen aufgelegt. Die Breite des Gewölbes der Brücke konnte hierdurch auf nur 4 m beschränkt, das Eigengewicht der Brücke möglichst ermäfsigt und dementsprechend die Gewölbestärke sehr gering bemessen werden. Die gewählte Constructionsweise ist in technischer Beziehung unbedenklich, weil die Belageisen gleichwie das eiserne Geländer mittels entsprechender Unterhaltung des Anstrichs gegen Zerstörung geschützt werden können. Ueberdies würde es ja keinem Anstand unterliegen, dieselben unter Anwendung des Bower-Barff'schen Inoxydationsverfahrens [1]) gegen äufsere Einwirkungen nahezu unveränderlich zu machen.

Die Brücke bietet im übrigen nicht viel Besonderes. Die Gründung erfolgte auf festem, etwa 2 m unter Niederwasser anstehenden Buntsandstein, die Fundamente sind bis auf Wasserhöhe aus Beton, welcher im Verhältnifs von 1 Cement zu 3 Sand und 6 Sandsteinschotter unter Zugabe von 30 pCt. grofser Sandsteine gemischt und tüchtig festgerammt wurde, hergestellt worden; im übrigen besteht die Brücke aus Buntsandsteingemäuer. Die sämtlichen Steine wurden nur rauh gerichtet, und — vom Gewölbe abgesehen — in Cementmörtel im Verhältnifs von 1 Cement zu 4 Sand versetzt; in die scheinbaren Kämpfer ist eine 2 mm dicke Bleiplatte von 20 cm Breite, in den Scheitel eine solche von 10 cm Breite zwischen Buntsandsteinquader eingelegt worden; das Lehrgerüst ruhte theils auf Pfählen, theils auf Trockenmauerwerk und ist mit sämtlichem Wölbmaterial vor Beginn des Wölbens belastet worden. Die Gewölbesteine wurden für das ganze Gewölbe zunächst trocken versetzt; zu dem Behufe wurde jeder Wölbstein auf zwei Holzlättchen von $^2/_2$ cm Querschnitt verlegt und die Quader der Bleifugen mittels Holzkeile in dem richtigen Abstand erhalten; erst nachdem alle Gewölbsteine von den Kämpfern aus versetzt waren, was neun Arbeitstage erforderte, wurden die sämtlichen Fugen — die Bleifugen ausgenommen — mit dickflüssigem Portlandcementmörtel im Mischungsverhältnifs von 1 Cement zu 3 Sand, gefüllt und ausgestofsen, nachher konnten die in den Fugen steckenden Holzlättchen meist vollständig ausgezogen werden; die Hohlräume wurden mit Mörtel vergossen, was im ganzen einen und einen halben Tag Zeit erforderte. Der oberhalb der Gewölbsteine verbleibende Rest der Gewölbedicke wurde sodann mit Beton im Verhältnifs von 1 Cement zu 2 Sand und 4 Sandsteinschotter gefüllt und festgerammt. Erst als der Bogen vollständig fertig war, beseitigte man auch die in die Bleifugen eingesteckten Holzkeile, und 36 Tage nach Gewölbeschlufs senkte man während vier Tagen allmählich die auf Sandtöpfen ruhenden Lehrbögen. Die ganze Senkung des Scheitels betrug hierbei flufsaufwärts 15 mm, flufsabwärts 14 mm; sie nahm später nicht zu, als die Brücke vollends aufgemauert wurde. Die Ueberdeckung der Entlastungsräume geschah mittels rauher, vorlegeartiger Bruchsteingewölbe, die satt in Cementmörtel versetzt wurden; zur Abdeckung des Gewölbes selbst wurde nur Cementmörtelgufs verwendet.

Die Bleiplatten sind — dank der sorgfältigen Sicherung derselben gegen Verdrehung beim Fortgang der Wölbung — an keiner Stelle lose geworden, sie übertragen daher auf ihre ganze Breite den auf sie entfallenden Druck; ihre Höchstbeanspruchung kann sonach im Scheitel 60,8 at, im Kämpfer 95 at nicht überschreiten. Beim Entwurf ist von einer Höchstbeanspruchung von 120 at ausgegangen worden, wobei der gröfste Druck des Gewölbmaterials im Scheitel 9,4 at, in der Bruchfuge 8 at und im Kämpfer 8,4 at hätte erreichen können; die thatsächlichen Beanspruchungen sind nun jedenfalls kleiner geworden. Auch bei der vorliegenden Brücke wäre es möglich gewesen, die Breite der Bleieinlagen noch weiter und zwar im Scheitel auf 5,1 cm, im Kämpfer auf 7,1 cm zu ermäfsigen, wodurch die Gelenkbewegung noch weiter als geschehen zum Ausdruck gebracht worden wäre. Unmittelbar vor der Vollendung der Brücke wurde der bis dahin leer gebliebene Theil der Bleifugen mit Mörtel gefüllt.

Die ganze Bauzeit für die Brücke betrug drei Monate.

Der Bauaufwand betrug für

Grabarbeit $\frac{1 ℳ}{4 ℳ}$ f. d. cbm $\frac{\text{über}}{\text{unter}}$ Wasser . .			705 ℳ,
Fundamentbeton ohne Cement	8 ℳ	f. d. cbm	536 ℳ,
Bruchsteingewölbe „ „	7 ℳ	„	98 ℳ,
Gewölbequader an den Bleifugen	36 ℳ	„	234 ℳ,
Sichtbares Gewölbemauerwerk samt Lehrbögen . . .	27 ℳ	„	1080 ℳ,
Gewölbebeton	22 ℳ	„	84 ℳ,
Stirnmauerwerk	16 ℳ	„	832 ℳ,
Entlastungsmauerwerk . .	8 ℳ	„	98 ℳ,
Entlastungsbögen . . .	2 ℳ	f. d. qm	120 ℳ,
Trockenmauerwerk . . .	6 ℳ	f. d. cbm	168 ℳ,
Fufswegplatten	50 ℳ	„	573 ℳ,
Betonbanket	10 ℳ	„	51 ℳ,
Cementglattstrich . . .	0,50 ℳ	f. d. qm	34 ℳ,
Steinbeugung	2 ℳ	f. d. cbm	129 ℳ,
Rauhes Ufer- und Kegelpflaster	8 ℳ	„	320 ℳ,
Eisenwerk	25 ℳ	f. 100 kg	1510 ℳ,
Cementlieferung zum Beton und sämtlichem Mauerwerk .	4 ℳ	f. 100 h	1182 ℳ,
Verschiedenes			246 ℳ,
		zusammen	8000 ℳ

Die Baukosten betragen somit für das Quadratmeter Grundfläche, bezogen auf die sichtbare Spannweite, nur 85 ℳ, bezogen auf die Stützweite nur 63 ℳ, sind also sehr gering.

Die Ueberwachung der in jeder Beziehung gelungenen Ausführung ruhte in der Hand des Königl. Regierungs-Baumeisters Roller unter der Leitung des Königl. Bauinspectors Angele.

4. Brücke über die Murr bei Marbach, erbaut 1887.

(Vergl. Blatt 40.)

Die Brücke hat eine sichtbare Spannweite von 32 m, eine Pfeilhöhe von 3,1 m, eine thatsächliche Spannweite, in der Fundamenthöhe gemessen, von 43,5 m, und eine Breite von 6,2 m, wovon 4,5 m auf die Fahrbahn und je 0,85 m auf die beiderseitigen erhöhten Nebenwege entfallen.

---

1) Centralblatt der Bauverwaltung 1884, S. 70.

Der Baugrund ist wohlgeschichteter, geschlossen gelagerter Muschelkalkfels, welcher in einer Tiefe von 2 m unter Mittelwasser ansteht.

Der nicht sichtbare Theil des Gewölbes ist, der möglichst raschen Herstellung wegen (der Bau konnte erst kurz vor Eintritt des Winters 1886 in Angriff genommen werden) aus Beton im Verhältnifs von 1 Cement zu 3 Sand und 6 Kalksteinschotter und grober Kies mit Zugabe von 30 pCt. grofsen Kalksteinbrocken hergestellt worden; der hierzu verwendete rasch bindende Portlandcement besafs, nachdem er einen Tag unter Wasser und sieben Tage an der Luft erhärtet war, durchschnittlich eine Zugfestigkeit von 10,36 at; die während der Gründung hergestellten Probewürfel des verwendeten Kies-Betons mit 30 cm Seitenlänge erlangten während fünf Monaten eine Druckfestigkeit von 83 bis 104 at, während sich dieselbe bei Anwendung des über Wasser verwendeten langsam bindenden Portlandcements mit durchschnittlich 13,50 at Zugfestigkeit, die Druckfestigkeit des Kies-Betons auf 117 bis 131 at erhöhte; bei Verwendung von Muschelkalkgeschläge statt des Kieses erreichte die Druckfestigkeit des hiermit hergestellten Betons von 115 bis 146 at.

Das beim Bau der Teinacher Nagoldbrücke im Jahr 1882 verwendete Lehrgerüst fand bei der vorliegenden Brücke Verwendung, die Lehrbögen wurden theils auf eingerammte Joche, theils mittels kräftiger Böcke auf die felsige Sohle der Murr aufgestellt.

Das sichtbare Gewölbe ist in der Hauptsache aus lagerhaften Muschelkalksteinen von 960 bis 1132 at, im Mittel 1059 at Druckfestigkeit hergestellt worden, da die Steine nicht vollständig witterungsbeständig sind, so war die Verwendung von Vorsetzsteinen aus benachbarten Keuperbrüchen, deren Material nur 577 bis 644 at, im Mittel 611 at Druckfestigkeit besafs, nicht zu umgehen.

An den sichtbaren Kämpfern und im Scheitel sind Bleifugen angeordnet und zu beiden Seiten derselben Buntsandsteinquader von 718 bis 768 at, im Mittel 750 at Druckfestigkeit versetzt worden; die 22 mm starken Bleiplatten liegen je im mittleren Drittel der 1,6 m dicken Kämpfer bezw. des 1,2 m starken Gewölbescheitels.

Die auf Sandtöpfen ruhenden Lehrbögen wurden vor Beginn des Wölbens etwa mit der Hälfte des vorhandenen Wölbmaterials belastet; dabei senkte sich das Lehrgerüst infolge der theilweise schlechten Beschaffenheit der fünf Jahre alten Lehrbögen, theils wohl auch infolge der nicht vollständig satten Auflagerung der unteren Querschwellen der Böcke des Lehrgerüstes auf der Felsensohle der Murr ungleich, sodafs es nothwendig wurde, die richtige Form der Lehrbögen nach theilweisem Abtrag des Belastungsmaterials mittels Aufsattelung auf die ersteren wieder herzustellen.

Das Wölben selbst erfolgte von beiden Kämpfern aus in der schon mehrfach beschriebenen Weise. Die Vorsetzsteine wurden mit 20 mm weiten Fugen unter Verwendung kleiner Holzlättchen erst trocken versetzt und zwar je in vier Schichten, und nachher die Fugen mit Cementmörtel im Mischungsverhältnifs von 1 zu 2 gefüllt und ausgestofsen. Unmittelbar hieran anschliefsend ist auch die Hintermauerung mit lagerhaften, nur mit dem Hammer zugerichteten Muschelkalksteinen in sorgfältiger Weise unter Verwendung von Portlandcementmörtel derselben Beschaffenheit erfolgt; die letzte Schicht ist vor dem Einbringen des Mörtels gegen die Schalung abgespriefst worden.

Das Versetzen des gesamten Wölbmaterials erforderte 21 Arbeitstage, es ging langsam von statten, weil die sorgfältige Herstellung des Muschelkalkgemäuers zeitraubend war. Bis zum Schlusse des Gewölbes senkte sich das mangelhafte Lehrgerüst ungleich und im Scheitel um 55 mm, dabei ging es an der rechtsseitigen Brückenhälfte nicht ganz ohne leichte Risse ab, die sofort wieder geschlossen wurden.

Man gewährte nun dem Mörtel des Gewölbes eine Erhärtungsfrist von sechs Wochen, während welcher sich der Scheitel der Brücke mitsamt dem Lehrgerüst um weitere 17 mm senkte; bei der hierauf innerhalb 13 Tage langsam und gleichmäfsig vorgenommenen Entleerung der Sandtöpfe senkte sich der Gewölbscheitel um 39 mm, bis er vollständig frei wurde; bis zur vollständigen Fertigstellung der Brücke erhöhte sich die Senkung auf 55 mm. An den scheinbaren Kämpfern hat man Stahlspitzen eingemauert, um eine, wenn auch unbedeutende seitliche Verschiebung und Senkung der Widerlager nach dem Ausschalen beobachten zu können, man hat jedoch keine mefsbaren Bewegungen wahrgenommen; bei und nach dem Ausschalen der Brücke sind keinerlei Trennungen in den Gewölbefugen, Haarrisse oder dergleichen entstanden.

Dagegen boten die Bleifugen, welche man während der Wölbarbeit nicht mit Keilen festgelegt hatte, um sie in ihrer freien Wirkung wegen der mangelhaften Lehrbögen nicht zu behindern, nach dem Ausschalen das in nebenstehenden Zeichnungen dargestellte, für die Beurtheilung der Wirkungsweise der Bleieinlagen höchst lehrreiche Bild.

Die Bleiplatten im Scheitel standen theilweise nur auf 33 cm Länge beiderseits mit den benachbarten Quadern in Berührung. Die gröfste Beanspruchung an der oberen Kante der Bleitafel kann hier nur bis zu 70 at betragen, und dem entsprechend ist auch das Blei an der meistgeprefsten Kante nicht ausgewichen; die Kämpferplatten dagegen befinden sich nur auf verglichen 22 cm Länge in Berührung mit den benachbarten Quadern. Hier erreicht der Höchstbetrag des Druckes an der unteren Kante der Bleiplatten, um welche sich die Drehung der beiden Gewölbhälften vollzog, 116 at, und die Bleiplatten sind von ihrer ursprünglichen Breite von 50 cm auf 50,5, 53 und 51 cm seitlich und solange ausgewichen, bis die Standfähigkeit des Bleies durch die gröfste Kantenpressung nicht mehr überschritten wurde.

Man vermag hieraus und aus den bei Brücke 1 gefundenen Zahlen in Uebereinstimmung mit den im Vorwort angeführten Versuchen zu schliefsen, dafs die den Weichwalzblei-Platten zu gebende Breite unter der Annahme einer Höchstbeanspruchung an einer Kante derselben von etwa 120 at zu berechnen ist; dementsprechend hätten bei der Marbacher Brücke Einlagen in den Kämpfern von 41,1 cm, im Scheitel von 33,7 cm Breite genügt; die Drucklinie kann sich hierbei in den Kämpfern nur in einer Zone von 69 mm, im Scheitel von 56 mm Breite, von der Mitte der Bleiplatten ab gerechnet, befinden.

Für die thatsächlich gewählten Bleiplattenbreiten wird die Inanspruchnahme des Wölbmaterials im Scheitel 25,8 at, in der Bruchfuge 25 at und in den Kämpfern 24,3 at nicht übersteigen.

Der ungehinderte Fortgang der Bauarbeiten liefs es, nachdem die Stirnmauern der Brücke aufgeführt waren, wünschens-

werth erscheinen, den leergebliebenen Theil der Bleifugen zwei Wochen nach erfolgtem Ausschalen des Gewölbes mit Cementmörtel im Verhältnifs von 1 Cement zu 2 Sand zu schliefsen, nachdem zuvor der klaffende Theil der Bleiplatten beider Kämpfer mit Blei ausgegossen worden war.

Die Brückenstirnen wurden aus Lettenkohlensandstein aufgemauert, die Mauern und Abdeckungen der Entlastungsräume aus Beton im Verhältnifs von 1 Cement zu 2 Sand und 3 Kies, über dem Gewölbscheitel im Verhältnifs von 1 Cement zu 3 Sand und 6 Kies hergestellt; die die Sandsteindeckplatten tragenden Kragsteine sind wie bei Brücke 1 verankert worden.

Die Abdeckung des Rückens des Brückengewölbes erfolgte mittels eines Cementbestrichs im Verhältnifs von 1 Cement zu 2 Sand, über den Entlastungsräumen ist Asphaltfilz von 7 mm Dicke verlegt worden.

Das Geländer ist ganz aus Schmiedeeisen hergestellt, die Anwendung irgendwelcher über das Handeisen vorspringenden Bekrönungstheile mufste hierbei vermieden werden, weil die Brücke auch für Leinpfadzwecke zu dienen hat.

Die Bauzeit für die Brücke hat mit Ausschlufs des Winters 1886/87, während dessen nicht gearbeitet wurde, acht Monate betragen.

Die Baukosten haben betragen für die Gründung und Aufmauerung bis zu den sichtbaren Kämpfern: Grabarbeiten 2767 ℳ, Wasserförderung 653 ℳ, Betongewölbe 5335 ℳ, zusammen 8755 ℳ;

für den Aufbau der Brücke über den Kämpfern: Bausteg und Lehrgerüst 2550 ℳ, sichtbares Gewölbe 7693 ℳ, Bleiplatten 718 ℳ, Stirnmauerwerk 1617 ℳ, Anker- und Trockenmauerwerk 1194 ℳ, Entlastungsmauerwerk 2053 ℳ, Fufswegplatten und Brüstungsquader 2441 ℳ, Asphaltplatten 316 ℳ, Geländer 1900 ℳ, Anker 450 ℳ, Böschungskegel, Uferschutz 1800 ℳ, Insgemein 954 ℳ, zusammen 23686 ℳ; demnach Gesamtaufwand 32441 ℳ.

Die Baukosten betragen sonach für das Quadratmeter Grundrifsfläche unter Zugrundelegung der sichtbaren Spannweite 164 ℳ und unter Zugrundelegung der Stützweite 105 ℳ.

Murr-Brücke bei Marbach.

Abb. 5. Darstellung der Bleiplatten.

Die Bauausführung unterstand dem Königl. Regierungs-Baumeister Fleischhauer unter der Leitung des Königl. Bauinspectors Gulde.

Schlufswort.

Aus vorstehendem dürfte hervorgehen, dafs die Verwendung von Bleieinlagen in drei passend gewählten Fugen eines Brückengewölbes es ermöglicht, die Lage der Drucklinie des Gewölbes, die gröfste Inanspruchnahme des Wölbmaterials mit genügender Sicherheit zu bestimmen, sowie dafs ein derartig behandeltes Gewölbe sowohl während des Wölbens als bei und nach dem Ausschalen die hierbei auftretenden Bewegungen auszuführen vermag, ohne Schaden zu nehmen.

Hierdurch ist es möglich, mit voller Sicherheit auch an die Erbauung der gröfsten Steinbrücken heranzutreten. Dafs neben der Verwendung der Bleieinlagen noch eine Reihe weiterer Gesichtspunkte zu beachten ist, wenn Spannweiten von bisher nicht erreichter Gröfse mit Steinbrücken überschritten werden sollen, ist wohl fast selbstverständlich.

Man wird zunächst bezüglich der Anlage der Fundamentflächen der bei den Brücken 1 bis 3 gewählten Anordnung unbedingt den Vorzug vor der Anordnung bei Brücke 4 einräumen, weil ersterenfalls die Unverrückbarkeit der Widerlager erheblich gröfser ist als im letzteren Falle.

Das Eigengewicht der Brücken mufs thunlichst vermindert werden. Zu dem Behufe ist die Anwendung von Entlastungsräumen, welche — ähnlich wie bei Brücke 3 — mit leichten Gewölben überdeckt sind, die von entsprechend starken, über die Brückenstirnen annähernd eine Fufswegbreite hinausragenden Walzeisen getragen werden, besonders empfehlenswerth; die letzteren lassen sich mit Nutzen zuvor auch für die Lehrbögen verwenden.

Die Breite der Bleieinlagen ist so gering zu bemessen, als dies die Standfähigkeit des Bleies zuläfst. Für Brücken bis zu 40 m Spannweite genügt Weichwalzblei, welches erst bei 120 at Druck seitlich auszuweichen beginnt; bei gröfseren Spannweiten werden dagegen härtere Bleisorten, welche bis zu 300 at Standfestigkeit haben, in Verwendung zu nehmen sein. Von der Gröfse des durch die Bleiplatten zu übertragenden Druckes ist auch die erforderliche Druckfestigkeit der Steine abhängig, zwischen welche die Bleiplatten gelagert werden müssen; man

wird nur selten und nur bei Ausführung besonders kühner Bogen in die Nothwendigkeit versetzt werden, Steine von hervorragender Druckfestigkeit zur Verwendung zu bringen; bei Betonbrücken können häufig Cementquader unbedingt zulässig erscheinen.

Für die beabsichtigte Wirkung der Bleieinlagen ist es von Werth, wenn das Versetzen der Gewölbsteine oder das Betoniren in der Nähe der Bleifugen so erfolgt, dafs die Bleiplatten bis zum Gewölbschlufs beiderseits vollständig mit ihrer Umgebung in Berührung bleiben. Es läfst sich dies leicht zuwege bringen, wenn — nach französischen Vorbildern — die den Bleifugen zunächst liegenden Stein- oder Betonschichten erst kurz vor Schlufs des Gewölbes in den Fugen mit Mörtel gefüllt werden; hierbei kann man auch einem etwa zu befürchtenden Bruch der Bleifugenquader dadurch begegnen, dafs die Fugen neben den Bleifugenquadern zunächst nicht vollständig, sondern nur in ihrem mittleren Theile mit Mörtel gefüllt werden.

Die gleichartigste Ausführung der Gewölbe ist ohne Zweifel bei der Verwendung von Stampfbeton ermöglicht, allein für Brücken von hervorragender Spannweite, und insbesondere für solche Bauwerke, die auch in Bezug auf Schönheit gröfseren Anforderungen entsprechen sollen, wird derselbe sich nicht empfehlen; in diesem Falle ist mindestens im Aeufseren der Steinbau am Platze. Die Verwendung kleiner Mauersteine zu Brückengewölben bietet zwar mancherlei Vortheile, allein es ist dessenungeachtet durchaus nicht gerechtfertigt, in Gegenden, in welchen grofse Steine zu Quadern leicht erhältlich sind, letzteren die Mauersteine vorzuziehen, denn wenn auch die Quadergewölbe Versetzgerüste unentbehrlich machen und der Aufwand für dieselben gröfser wird, so kann doch die Herstellung des Gewölbes erheblich rascher erfolgen, auch gewinnt die Gleichartigkeit und Güte eines Gewölbes beim gleichmäfsigen Durchgehen sämtlicher Lagerfugen beträchtlich. Rauhe Bearbeitung der Gewölbsteine genügt, falls nicht in Beziehung auf äufsere Erscheinung besonders hohe Anforderungen gestellt werden.

Die Weite der Gewölbefugen sollte nicht unter 15 bis 20 mm gewählt werden, damit das Einbringen und Einstofsen des Mörtels möglichst erleichtert wird. Dafs der Zubereitung und Mischung des Mörtels, der Güte der hierzu verwendeten Materialien, der Reinhaltung der Steinflächen die gröfste Aufmerksamkeit zu schenken sei, ist wohl selbstverständlich; bei den im vorstehenden behandelten vier Brücken wurde daher der Mörtel stets von der Bauherrschaft selbst geliefert.

Es ist bekannt, dafs die Lehrgerüste genügend stark gebaut sein müssen, dafs die Auflagerung derselben eine sehr sorgfältige sein mufs; die Verwendung alter Gerüste ist, wie Brücke 4 zeigt, bedenklich und nicht empfehlenswerth. Sandtöpfe gestatten ein allmähliches und gleichförmiges Absenken der Gerüste. Die Lehrgerüste müssen möglichst vollständig mit dem erforderlichen Wölbmaterial belastet werden, ehe mit dem Wölben begonnen wird.

Am zweckmäfsigsten ist es, wenn sämtliche Wölbsteine erst trocken auf Holzschienen versetzt und nachher die Fugen mit Mörtel gefüllt werden.

Das Ausschalen der Gewölbe kann erfolgen, sobald der Mörtel die nöthige Festigkeit erlangt hat; bei kleinen Brücken, bei welchen der Flächendruck meist erheblich geringer ist als bei grofsen, bedarf es daher wesentlich kleinerer Erhärtungsfristen als bei Brücken mit grofsen Spannweiten von mehr als etwa 30 m.

Bei dem Aufmauern der Brückenstirnen, der Mauern der Entlastungsräume usw. müssen die Bleifugen offen bleiben, auch sind an den erstgenannten Bautheilen Mauerzwickel derart offen zu lassen, dafs sich die Gewölbtheile um die Bleiplatten ohne Zwang bewegen können.

Das Füllen der Bleifugen neben den Bleieinlagen ist zwar unbedenklich, allein es ist keineswegs unbedingt nothwendig; wo die Fugen gefüllt werden, ist dies eben noch ein Zugeständnifs an die bisherige Bauweise.

Es wäre unschwer nachzuweisen, dafs sich die Bleieinlagen auch bei Brücken mit Mittelpfeilern und bei Brückengewölben anwenden lassen, welche aus nicht mehr als zwei Ringen hergestellt werden.

Wird nach vorstehenden Grundsätzen verfahren, werden vor Beginn der Ausführung Versuche über die Festigkeit der zur Verwendung vorgesehenen Stein- und Mörtelmaterialien, sowie über das Verhalten der in die Gelenkfugen zu verbringenden Bleieinlagen gemacht, so ist man nicht behindert, unter Annahme des im einzelnen Fall als genügend erscheinenden Sicherheitscoëfficienten mit weit gröfserer rechnungsmäfsiger Sicherheit als bisher an den Entwurf und die Ausführung von Steinbrücken mit Spannweiten und Krümmungshalbmessern heranzutreten, wie dies bisher noch nicht gewagt worden ist.

Stuttgart, im November 1887.

Leibbrand, Kgl. Ober-Baurath.

Die Wasserreinigungsanlage auf Bahnhof Leipzig.

Das auf dem Bahnhofe Leipzig (Th.) für die Speisung der Locomotivkessel zur Verwendung kommende Wasser, welches einem in unmittelbarer Nähe der Wasserstation gelegenen, etwa 6 m tiefen Brunnen entnommen wird, enthält eine so erhebliche Menge Kesselstein bildende Stoffe, dafs eine Reinigung desselben sich als unabweisbares Bedürfnifs herausstellte. In 1 cbm dieses Wassers sind enthalten:

197,2 gr kohlensaurer Kalk,
74,7 „ kohlensaure Magnesia,
198,3 „ schwefelsaurer Kalk,
25,9 „ Kieselsäure,
zusammen 496,1 gr Kesselsteinbildner.

Aufserdem sind noch vorhanden:
85,7 gr Chlornatrium,
50,0 „ organische Stoffe und Eisenoxyd,
sodafs der gesamte Abdampfrückstand sich auf 631,8 gr für 1 cbm beläuft. Ferner finden sich an freier und halbgebundener Kohlensäure, vermöge welcher die kohlensauren Salze in Lösung sind, in 1 cbm 131,1 gr vor.

Bei der Verdampfung dieses Wassers wird die Kohlensäure alsbald entfernt und fallen zunächst die kohlensauren Salze in amorphem, pulverförmigem Zustande heraus, da dieselben in kohlensäurefreiem Wasser nur in ganz geringem Mafse löslich sind. An sich würden nun zwar diese Salze keinen festen

Kesselstein bilden, sondern mehr schlammartige Ablagerungen liefern, welche durch zeitweises Abblasen der Kessel leicht zu beseitigen wären. Dies wird aber durch die gleichzeitige Anwesenheit des schwefelsauren Kalks verhindert. Derselbe ist zwar in kohlensäurehaltigem Wasser auch leichter löslich als in kohlensäurefreiem, jedoch bleiben in 1 cbm kochenden Wassers immer noch 600 gr Gips gelöst. Sobald im Kessel infolge der Verdampfung dieser Sättigungsgrad erreicht ist (bei dem Leipziger Wasser ist dies etwa acht Stunden nach Inbetriebsetzung eines frisch gefüllten Locomotivkessels schon der Fall), scheidet sich der schwefelsaure Kalk in dichten, an den Kesselwänden fest anhaftenden Schichten aus, schliefst dabei die gleichzeitig mit ausgefällten kohlensauren Salze ein und bildet so den festen Kesselstein.

Das hier anzuwendende Reinigungsverfahren hat in erster Reihe auf die Ausscheidung des schwefelsauren und sodann des kohlensauren Kalkes hinzuwirken. Für die Wahl des Reinigungssystems kamen in nähere Berücksichtigung:

1. die Reinigung mit Chlorbarium und Kalkhydrat;
2. die Reinigung mit Aetznatron und Kalkhydrat (Beranger-Stingl).

Von dem Chlorbarium-Verfahren wurde indes Abstand genommen und das Aetznatron-Verfahren gewählt, da sich die Reinigungskosten bei ersterem auf mindestens 6,5 ₰. für 1 cbm gestellt hätten, während dieselben nach dem letzteren, wie weiter unten näher angegeben, sich nur auf 4,11 ₰. für 1 cbm belaufen. Der chemische Vorgang bei dem gewählten Reinigungsverfahren ist folgender:

Aetznatron und Aetzkalk in angemessen äquivalenten Mengen, und zwar: 116,6 gr Aetznatron und
112,6 „ Kalkhydrat (85 gr reines Calciumoxyd)
gleichzeitig in 1 cbm Wasser gebracht, welches schwefel- und kohlensauren Kalk in den vorstehend angegebenen Mengen vermittelst der freien und halb gebundenen Kohlensäure in Lösung enthält, setzen sich so um, dafs einerseits schwefelsaures Natron als leicht lösliches, keinen Kesselstein bildendes Salz entsteht und andererseits nahezu unlöslicher kohlensaurer Kalk niedergeschlagen wird.

Das zur Verwendung gelangende Aetznatron enthält in 100 Gewichtstheilen nur 80 bis 90 Gewichtstheile reines Aetznatron. Dementsprechend und mit Rücksicht darauf, dafs es nach angestellten Versuchen zweckmäfsig ist, das Aetznatron in gewissem Ueberschufs anzuwenden, werden $\frac{116{,}6 \cdot 100}{80} + 25$ = rd. 170 gr 80- bis 90 procentiges Aetznatron, in 7,5 l Wasser gelöst, für je 1 cbm Wasser zugesetzt. Das Kalkhydrat wird in Form von klarem Kalkwasser verwendet, und da 780 l Wasser 1 kg reines Calciumoxyd lösen, so gelangen für 1 cbm des zu reinigenden Wassers $\frac{85 \cdot 780}{1000}$ = rd. 67 l Kalkwasser zur Verwendung.

Die zu 1 cbm zuzusetzende Reagenzflüssigkeit, bestehend aus Aetznatronlösung und Kalkwasser, welche vor der Verwendung durch Umrühren gehörig zu mischen sind, beträgt daher $67 + 7{,}5 = 74{,}5$ l.

Bei dem Reinigungsprocefs würden, wenn die gebildeten Niederschläge ganz unlöslich wären, aus 1 cbm abgeschieden werden:

1. der ursprünglich vorhandene kohlensaure Kalk	197,2 gr
2. der durch Zersetzung des schwefelsauren Kalks gebildete kohlensaure Kalk	145,8 „
3. der aus den zugesetzten 112,6 gr Kalkhydrat entstandene kohlensaure Kalk und Antheile der kohlensauren Magnesia	152,1 „
zusammen	495,1 gr.

In Lösung würden bleiben 207 gr schwefelsaures Natron und der gröfsere Theil der kohlensauren Magnesia. In Wirklichkeit bleibt jedoch wegen der, wenn auch nur schwachen Löslichkeit der Kalksalze, ein Theil derselben in Lösung; dieser Antheil beläuft sich mit der Magnesia zusammen erfahrungsmäfsig auf 90 bis 120 gr. Wenn nun hiernach auch bei dem vorliegenden Verfahren eine vollständige Abscheidung aller Kesselstein bildenden Stoffe nicht möglich ist, so ist dieser Umstand in Wirklichkeit von keiner Bedeutung, da die zurückbleibenden Niederschläge einerseits nur in sehr geringen Mengen vorhanden sind und andererseits fast nur aus kohlensauren Salzen bestehen, welche ohne gleichzeitiges Vorhandensein von schwefelsaurem Kalk, wie bereits oben bemerkt, keinen festen Kesselstein, sondern nur einen amorphen, lockeren, nicht anhaftenden Niederschlag geben, der mit Leichtigkeit aus dem Kessel herauszuspülen ist.

Die Reinigungsanlage ist in einem Anbau des Wasserstationsgebäudes auf Bahnhof Leipzig untergebracht. Die Gröfsenverhältnisse sind so bemessen, dafs innerhalb 24 Stunden etwa 205 cbm Wasser gereinigt werden können, wobei dem zu reinigenden Wasser vom Zeitpunkt der Mischung mit der Reagenzflüssigkeit bis zum Abflufs des gereinigten Wassers ein Zeitraum von $3^1/_4$ Stunden verbleibt. Erfahrungsmäfsig genügen hierzu schon $2^3/_4$ Stunden; bei eintretendem Bedürfnifs kann demnach die Leistungsfähigkeit der Anlage auf täglich 250 cbm erhöht werden. Um den Pumpenbetrieb zur Förderung des Rohwassers bezw. zum Heben des gereinigten Wassers in die Hochbehälter der Wasserstation nicht ununterbrochen durchführen zu müssen, ist die Reinigungsanlage mit zwei Sammelbehältern E und F von je 80 cbm Inhalt (vergl. die Zeichnungen auf Seite 265/266) ausgerüstet, nach deren Füllung bezw. Entleerung der Pumpenbetrieb 10 Stunden eingestellt werden kann, ohne den Reinigungsbetrieb unterbrechen zu müssen.

Die eigentliche Reinigungsvorrichtung besteht aus drei Klärcylindern H, J, K, dem Mischcylinder G und den beiden Regelungsgefäfsen D und D^1. Die letzteren dienen dazu, die Druckhöhe, unter welcher das Rohwasser bezw. die Reagenzflüssigkeit den Reinigungsgefäfsen zufliefst, unverändert zu erhalten; zu diesem Zwecke sind die in dieselben einmündenden Zuflufsrohre mit Schwimmerventilen ausgerüstet. Beide Regelungsgefäfse sind mit Abflufsröhren nach dem Kopf o des Mischcylinders versehen und vor der Einmündung in letzteren die Regelungshähne x und y angebracht, durch welche der Zuflufs von Rohwasser und Reagenz in dem oben angegebenen Mischungsverhältnifs (74,5 l auf 1 cbm Wasser) geregelt wird.

Der Mischcylinder sowie die Klärcylinder enthalten je ein etwa 250 mm über dem Boden mündendes inneres, 150 mm weites Rohr, durch welches das mit der Reagenzflüssigkeit gemischte Wasser hinabgeführt wird, um dann im Cylinder langsam emporzusteigen. Oben angelangt, fliefst das Wasser in die jeden Cylinder umgebende ringförmige Rinne über und wird von dort durch eine offene Verbindungsrinne nach dem inneren

Rohre des folgenden Klärcylinders geleitet. Von dem letzten Klärcylinder gelangt das gereinigte Wasser durch die Rinne z nach dem Reinwasserbehälter. Bei dieser Art des Durchflusses wird eine innige Mischung und Berührung der Reagenzflüssigkeit mit dem Wasser, sowie ein leichtes Absetzen der Niederschläge herbeigeführt. Um letzteres möglichst zu fördern, ist die aufwärts gerichtete Bewegung des Wassers in den aufeinanderfolgenden Cylindern durch entsprechende Vergröfserung der Durchmesser ermäfsigt. Der letzte Klärcylinder K ist zur Abscheidung der nicht am Boden der Cylinder bereits abgesetzten Niederschläge oben mit einem 700 mm hohen Filter aus Holzwolle versehen. Aufserdem besitzt jeder Cylinder am Boden einen Ablafshahn, durch welchen der niedergeschlagene Schlamm mindestens einmal wöchentlich abgelassen wird.

Zur Bereitung des Kalkwassers der Aetznatronlösung und des Gemisches beider sind der Kalkwasserbehälter A, der Aetznatronbehälter B, sowie die beiden Behälter C mit den erforderlichen Zu- und Ableitungen versehen.

Der Rauminhalt der letzteren über dem Abflufsrohr nach dem Regulirbehälter D^1 ist so bemessen, dafs die Füllung zum Reinigen von 40 cbm Wasser ausreicht, welche sich beim regelrechten Betriebe in etwa 5 Stunden vollzieht. Der Aetznatronbehälter hat einen Füllungsraum von 600 l, welche zur Beschickung der beiden Reagenzbehälter C erforderlich sind, während der Kalkwasserbehälter das für eine Behälterfüllung C erforderliche Kalkwasser aufnehmen kann. Das zum Anrichten des Kalkwasser- und Aetznatronbehälters erforderliche Wasser wird aus dem Hochbehälter der Wasserstation zugeführt.

Der Betrieb der Wasserreinigungsanlage vollzieht sich in folgender Weise:

Das für 40 cbm Rohwasser erforderliche Kalkwasser von $40 \cdot 67 = 2680$ l wird in der Weise hergestellt, dafs die dazu nöthigen 4,5 kg gebrannter Kalk in einem passenden Holzgefäfs abgelöscht und, zu Kalkmilch verdünnt, in den Kalkwasserbehälter eingebracht werden. Hierauf läfst man die erforderliche Wassermenge — welche durch einen entsprechenden Strich am Behälter ersichtlich gemacht ist — zufliefsen und rührt während des Füllens mindestens 20 Minuten lang die Füllung gehörig durch. Zur vollständigen Lösung und Klärung sind erfahrungsgemäfs danach mindestens $2^1/_2$ Stunden erforderlich. Nach dem Anrichten des Kalkwassers wird sofort die Aetznatronlösung vorgerichtet, indem man die für 2×40 cbm Rohwasser erforderlichen 14 kg Aetznatron auf einem im Aetznatronbehälter angebrachten Drahtnetze ausbreitet und den Behälter bis zu dem angebrachten Strich mit 600 l Wasser füllt. Die Lösung erfordert erfahrungsgemäfs etwa zwei Stunden. Nach vollzogener Lösung wird dieselbe etwa eine Minute lang durchgerührt und sodann der halbe Inhalt, sowie die erforderliche Menge Kalkwasser in den einen Reagenzbehälter abgelassen.

Durch ein entsprechendes Kennzeichen am Reagenzbehälter ist die richtige Füllung ersichtlich gemacht. Während der Reagenzbehälter sich füllt, wird zur innigen Mischung des Kalkwassers mit der Aetznatronlösung die Flüssigkeit gehörig durchgerührt. Nach der Füllung beginnt die Reinigung, indem der Zuflufs des Rohwassers und der Reagenzlösung nach den Regelungsgefäfsen und von dort aus nach dem Mischcylinder hergestellt wird. Die Durchflufsöffnung der Hähne x und y wird bei der ersten Inbetriebsetzung so geregelt, dafs in der Stunde 8 cbm zu reinigendes Wasser und 596 l Reagenz zufliefsen und sonach in gleicher Zeit 8,596 cbm gereinigtes Wasser abfliefsen.

Von Zeit zu Zeit läfst sich die richtige Stellung der Hähne dadurch erkennen, dafs die Wasserspiegel in den Behältern E und C sich in bestimmten Zeitabschnitten um die dafür festgesetzten Höhen senken müssen.

Der Abflufs einer Reagenzbehälterfüllung währt, wie bereits erwähnt, 5 Stunden. Da die Bereitung der Reagenzflüssigkeit so geregelt ist, dafs unmittelbar nachdem ein Reagenzbehälter neu gefüllt ist, sofort mit dem Anrichten des Kalkwassers bezw. der Aetznatronlösung für den zweiten vorgegangen wird, so ist die Zeit für die Entleerung eines Reagenzbehälters mehr als ausreichend, um den leeren vorschriftsmäfsig zu füllen und den Reinigungsvorgang ohne Unterbrechung durchzuführen.

Die täglich bei 205 cbm gereinigten Wassers theils an den Böden der Klärcylinder H, J, K, theils im Filter des letzten Klärcylinders sich absetzenden Niederschläge haben ein Gewicht von rd. 100 kg. Diese Ausscheidungen sind dadurch zu beseitigen, dafs einerseits, wie bereits bemerkt, allwöchentlich einmal der am Boden abgelagerte Schlamm durch die Ablafshähne in den Klärcylindern abgelassen wird, und andererseits die Filter in dem letzten Klärcylinder alle drei Wochen einmal erneuert werden. Die zu den Filtern verwendete Holzwolle wird nach erfolgtem Waschen und Trocknen solange benutzt, als dieselbe genügende Durchlafsfähigkeit besitzt und die Holzfäden nicht zu kurz werden.

Die Bedienung der Wasserreinigungsanlage beschränkt sich, da der eigentliche Abscheidungs- und Klärungsvorgang sich selbstthätig vollzieht, nach vorstehendem auf die Anrichtung der Reagenzflüssigkeit und die alle drei Wochen zu bewirkende Erneuerung des Holzfilters.

Zum Anrichten eines Reagenzbehälters sind etwa $1^1/_2$ Arbeitsstunden und zur Erneuerung des Holzfilters einschliefslich des Waschens der Holzfasern etwa 14 Arbeitsstunden erforderlich. Da eine Reagenzbehälterfüllung auf 42,9 cbm und eine Erneuerung des Filters auf $205 \cdot 21 = 4305$ cbm entfallen, so sind an Bedienung auf je 1 cbm $\frac{14}{4305} \times \frac{1,5}{42,9} = 0,038$ Arbeitsstunden zu rechnen.

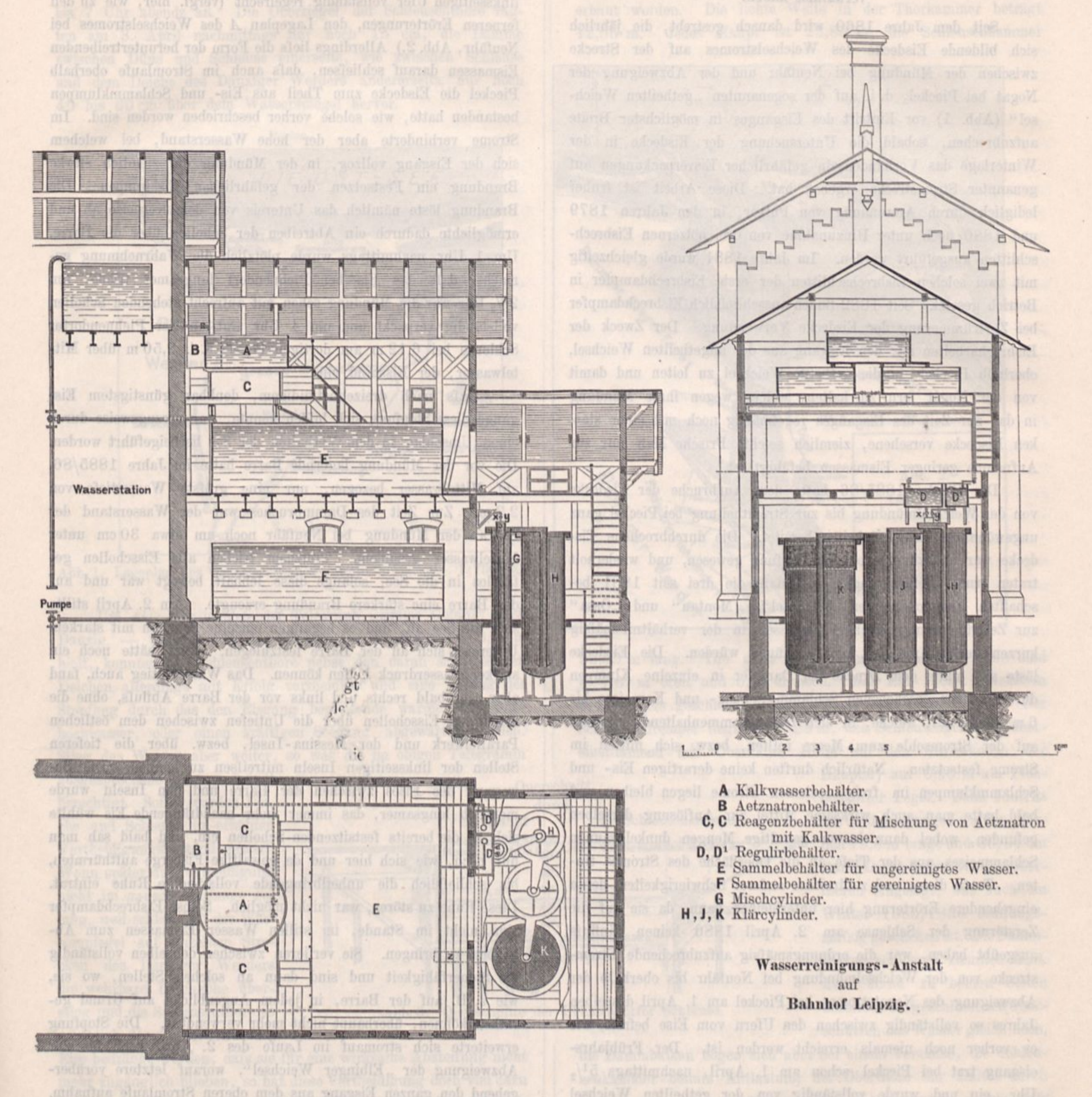
Die Kosten für die Errichtung der Reinigungsanlage haben sich wie folgt gestellt:

1. Anbau der Wasserstation zur Unterbringung der Reinigungsvorrichtungen und Sammelbehälter	6 200 *M.*
2. Zwei Sammelbehälter	5 600 „
3. Die gesamten Reinigungsvorrichtungen einschl. der Leitungen und Zubehörstücke der Anrichtebehälter	4 500 „
zusammen	16 300 *M.*

Die Reinigungskosten für 1 cbm Wasser betragen:

1. 0,170 kg 90 % Aetznatron für 100 kg 19 ₰.	3,23 ₰.
2. 0,112 kg Kalkhydrat	0,02 „
2. Bedienung 0,038 Arbeitsstunde zu 20 ₰. .	0,76 „
4. Verzinsung und Tilgung des Anlagecapitals 5 %	0,10 „
zusammen	4,11 ₰.

Die Ueberwachung der vorschriftsmäfsigen Durchführung des Reinigungsvorganges wird von dem beaufsichtigenden Beamten (Betriebswerkmeister) durch eine täglich einmal vorzunehmende Ermittlung des Härtegrades des gereinigten Wassers ausgeübt. Die geringste zu erreichende Härte beträgt 3,5 deutsche Härtegrade; die Reinigung wird noch als genügend erachtet, wenn die Härte bis zu 7 Grad beträgt. Die Feststellung der Härte erfolgt mittels titrirter Seifenlösung, die dazu erforderlichen



Wasserreinigungs-Anstalt auf Bahnhof Leipzig.

Vorrichtungen bestehen aus einer Schüttelflasche und einem sogenannten Hydrotimeter mit einer Theilung zur unmittelbaren Ablesung der Härtegrade. Man füllt das Schüttelgefäfs bis zum Theilstrich 40 mit dem zu untersuchenden Wasser, das Hydrotimeter bis 0 mit der titrirten Seifenlösung und tröpfelt aus letzterem so lange Seifenlösung ein, bis bei kräftigem Schütteln ein feiner etwa 5 mm hoher Schaum über dem zu untersuchenden Wasser stehen bleibt. Die Ablesung des Theilstriches, an welchem der Spiegel der Seifenlösung in dem Hydrotimeter steht, ergiebt dann die Härtegrade des Wassers.

Bork.

Die Zerstörung der Plehnendorfer Schleuse durch das Hochwasser vom April 1886 und die Wiederherstellung der Schleuse.

1. Darstellung der Verhältnisse, welche den Schleusenbruch veranlafst haben.

Seit dem Jahre 1860 wird danach gestrebt, die jährlich sich bildende Eisdecke des Weichselstromes auf der Strecke zwischen der Mündung bei Neufähr und der Abzweigung der Nogat bei Pieckel, d. i. auf der sogenannten „getheilten Weichsel" (Abb. 1) vor Eintritt des Eisganges in möglichster Breite aufzubrechen, sobald die Untersuchung der Eisdecke in der Winterlage das Vorhandensein gefährlicher Eisverpackungen auf genannter Stromstrecke ergeben hat. Diese Arbeit ist früher lediglich durch Anwendung von Pulver, in den Jahren 1879 und 1880 noch unter Hinzunahme von drei hölzernen Eisbrechschlitten ausgeführt worden. Im Jahre 1881 wurde gleichzeitig mit zwei solchen Eisbrechschlitten der erste Eisbrechdampfer in Betrieb gesetzt. Seit 1882 finden ausschliefslich Eisbrechdampfer bei Zertrümmerung der Eisdecke Verwendung. Der Zweck der Eisbrecharbeiten ist, den Eisgang aus der ungetheilten Weichsel, oberhalb Pieckel, in die getheilte Weichsel zu leiten und damit von der Nogat fern zu halten, welche wegen ihrer Mündung in das zur Zeit des Eisganges regelmäfsig noch mit einer starken Eisdecke versehene, ziemlich seichte Frische Haff nur zur Aufnahme geringer Eismassen befähigt ist.

Der Winter 1885/86 hatte dem Aufbruche der Eisdecke von der Weichselmündung bis zur Stromtheilung bei Pieckel ganz ungewöhnliche Schwierigkeiten bereitet. Die durchbrochene Eisdecke war nahezu eine einzige Stopfung gewesen, und wiederholt traten ernste Befürchtungen auf, dafs die drei seit 1881 beschafften Eisbrechdampfer „Weichsel", „Montau" und „Ossa" zur Zertrümmerung solcher Eismassen in der verhältnifsmäfsig kurzen verfügbaren Zeit nicht genügen würden. Die Eisdecke löste sich unter dem Drucke der Dampfer in einzelne Klumpen durcheinander geschobenen Schlamm-, Pack- und Kerneises bis 6 m Dicke auf, welche, in sich fest zusammenhaltend, langsam auf der Stromsohle zum Meere rollten, bezw. sich mitten im Strome festsetzten. Natürlich durften keine derartigen Eis- und Schlammklumpen im freigebrochenen Strome liegen bleiben und bald hatte man auch wirksame Mittel zur Auflösung derselben gefunden, wobei dann immer gewaltige Mengen dunkelbraunen Schlammeises aus der Tiefe an die Oberfläche des Stromes traten. Trotz dieser und zahlreicher anderer Schwierigkeiten, deren eingehendere Erörterung hier unterbleiben kann, da sie auf die Zerstörung der Schleuse am 2. April 1886 keinen Einflufs ausgeübt haben, war die ordnungsmäfsig aufzubrechende Stromstrecke von der Weichselmündung bei Neufähr bis oberhalb der Abzweigung des Nogatstromes bei Pieckel am 1. April desselben Jahres so vollständig zwischen den Ufern vom Eise befreit, wie es vorher noch niemals erreicht worden ist. Der Frühjahrseisgang trat bei Pieckel schon am 1. April, nachmittags $5^1/_2$ Uhr, ein und wurde vollständig von der getheilten Weichsel aufgenommen, während die Eisdecke des Weichsel-Nogat-Canales und der Nogat selbst in der Winterlage verblieb. Die Eisbrecharbeiten haben also auch im Jahre 1886 voll und ganz die erwartete Wirkung gehabt.

Am 1. April, kurz vor 12 Uhr nachts, erreichte der volle Eisgang die Mündung bei Neufähr und vollzog sich bis zum 2. April, nachmittags 1 Uhr, durch die Hauptmündung zwischen der Messina-Insel und den Einschränkungswerken am linksseitigen Ufer vollständig regelrecht (vergl. hier, wie zu den ferneren Erörterungen, den Lageplan *A* des Weichselstromes bei Neufähr, Abb. 2.) Allerdings liefs die Form der heruntertreibenden Eismassen darauf schliefsen, dafs auch im Stromlaufe oberhalb Pieckel die Eisdecke zum Theil aus Eis- und Schlammklumpen bestanden hatte, wie solche vorher beschrieben worden sind. Im Strome verhinderte aber der hohe Wasserstand, bei welchem sich der Eisgang vollzog, in der Mündung die ziemlich starke Brandung ein Festsetzen der gefährlichen Eisklumpen. Die Brandung löste nämlich das Untereis von dem Kerneise ab und ermöglichte dadurch ein Abtreiben der Schollen über die Barre. Um 1 Uhr nachmittags wurde plötzlich die Wahrnehmung gemacht, dafs das Eis bei Plehnendorf langsamer triebe, um $2^1/_2$ Uhr war die Mündung schon mit aufrecht stehenden Schollen vollständig verpackt und um 4 Uhr trat an der Plehnendorfer Schleuse bei 6,12 m am dortigen Pegel, d. i. 2,50 m über Mittelwasser, der Eisstand ein.

Dafs nach dreizehnstündigem, denkbar günstigstem Eisgange diese Stopfung sich bilden konnte, war vorzugsweise durch einen Umschlag in dem Verhalten der See herbeigeführt worden. Die vor der Mündung lagernde Barre hatte im Jahre 1885/86, auf Mittelwasser bezogen, nur eine gröfste Wassertiefe von 2,3 m. Zur Zeit des Dammbruches war der Wasserstand der See an der Mündung bei Neufähr noch um etwa 30 cm unter Mittelwasser gesunken. Trotzdem trieben alle Eisschollen gefahrlos in die See, solange diese lebhaft bewegt war und auf der Barre eine stärkere Brandung erzeugte. Am 2. April stillte sich die See ab, und es begannen einzelne Schollen mit starkem Untereise sich an der Barre festzulegen. Jetzt hätte noch ein starker Wasserdruck helfen können. Das Wasser stieg auch, fand aber sehr bald rechts und links vor der Barre Abflufs, ohne die mächtigen Eisschollen über die Untiefen zwischen dem östlichen Parallelwerk und der Messina-Insel, bezw. über die tieferen Stellen der linksseitigen Inseln mitreifsen zu können. Die Bewegung des Eises zwischen der Barre und den Inseln wurde merklich langsamer, das immer mehr nachdrängende Eis wühlte sich in die bereits festsitzenden Schollen ein, und bald sah man nur noch, wie sich hier und da gewaltige Eisberge aufthürmten, bis schliefslich die unheilbringende vollständige Ruhe eintrat. Diese Ruhe zu stören, war nicht möglich. Selbst Eisbrechdampfer sind nicht im Stande, im stillen Wasser Eismassen zum Abtreiben zu bringen. Sie verlieren zwischen denselben vollständig die Steuerfähigkeit und sind dann an solchen Stellen, wo sie, wie z. B. auf der Barre, in jedem Augenblicke auf Grund gerathen können, überhaupt nicht mehr verwendbar. Die Stopfung erweiterte sich stromauf im Laufe des 2. April noch bis zur Abzweigung der „Elbinger Weichsel", worauf letztere vorübergehend den ganzen Eisgang aus dem oberen Stromlaufe aufnahm.

2. Der Schleusendurchbruch.

Nach Eintritt der Stopfung an der Mündung stieg das Wasser im Strome sehr schnell und erreichte beim Stehenbleiben des Eises die vorerwähnte aufserordentliche Höhe von 6,12 m am Plehnendorfer Pegel. Damit war der bisher bekannte höchste Wasserstand an diesem Pegel, welchen die gefährliche Eisver-

setzung des Frühjahrs 1883 veranlafst hatte, noch um 14 cm überholt. Mit dem Weiterrücken der Stopfung stromauf erfolgte das nach dem Stehenbleiben des Eises unterhalb sonst stets eintretende Fallen des Wassers bei Plehnendorf nicht. Der Wasserstand von 6,12 m hielt vielmehr ohne merkbares Schwanken bis 7 Uhr abends an. Die Oberriegel der Schleusenthore ragten am 3. April nachmittags nur noch 15 cm, die Dämme zwischen Düne und Schleuse einerseits, wie zwischen Schleuse und dem Deiche des Danziger Werders andererseits, nur noch 40 bis 60 cm über dem Wasserspiegel hervor.



Abb. 1. Lageplan des Weichselstromes unterhalb Pieckel. 1:750000.

Um $4\frac{1}{2}$ Uhr meldete der Telegraph „grofse Gefahr" nach Danzig. — Solange sich das Wasser auf der Höhe von 6,12 m hielt, konnten die Schleusenthore nebst den daran schliefsenden Deichen allerdings mit Erfolg vertheidigt und eine Lösung der Stopfung durch das den Eisgang begleitende warme Frühjahrshochwasser, oder einen kräftigen Seegang abgewartet werden. Stieg das Wasser aber weiter, so war die im obigen Telegramm ausgesprochene Besorgnifs voll berechtigt. Sofort wurden Deiche und Schleuse in erhöhten Vertheidigungszustand gesetzt. Wenn später die Vertheidigung nicht im ganzen Umfange gelang, weil schliefslich der Wasserspiegel auf einzelnen Strecken des Danziger Werders die wehrbare Deichhöhe überstieg und die Schleusenthore so erheblich überfluthet und vom Eise bedrängt wurden, dafs sie für eine wirksame Absteifung nicht mehr zugänglich blieben, so hat diese Vertheidigung doch viel dazu beigetragen, dafs die Verheerungen bei Plehnendorf sich auf das geringe Mafs der weiterhin zu erörternden Durchbrüche beschränkten.

Der näheren Darstellung der Zerstörung der Plehnendorfer Schleuse mögen einige Angaben über letztere vorangehen. Die Schleuse ist aus der Veröffentlichung in der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. XII, S. 30 ff., und aus der Sammlung von Zeichnungen aus dem Gebiete der Wasserbaukunst, herausgegeben von Studirenden der Bauakademie zu Berlin, II. Theil, 1855, bekannt; es wird daher aufser der hier beigefügten Abb. 3 nur die Angabe der wichtigsten Mafse zum weiteren besseren Verständnifs erforderlich sein. Im Jahre 1840, unmittelbar nach dem Dünendurchbruch bei Neufähr, ist die Schleuse aus Holz erbaut worden. Die lichte Weite in der Thorkammer beträgt 12,55 m. Jedes Haupt ist 23,85 m, die Schleusenkammer

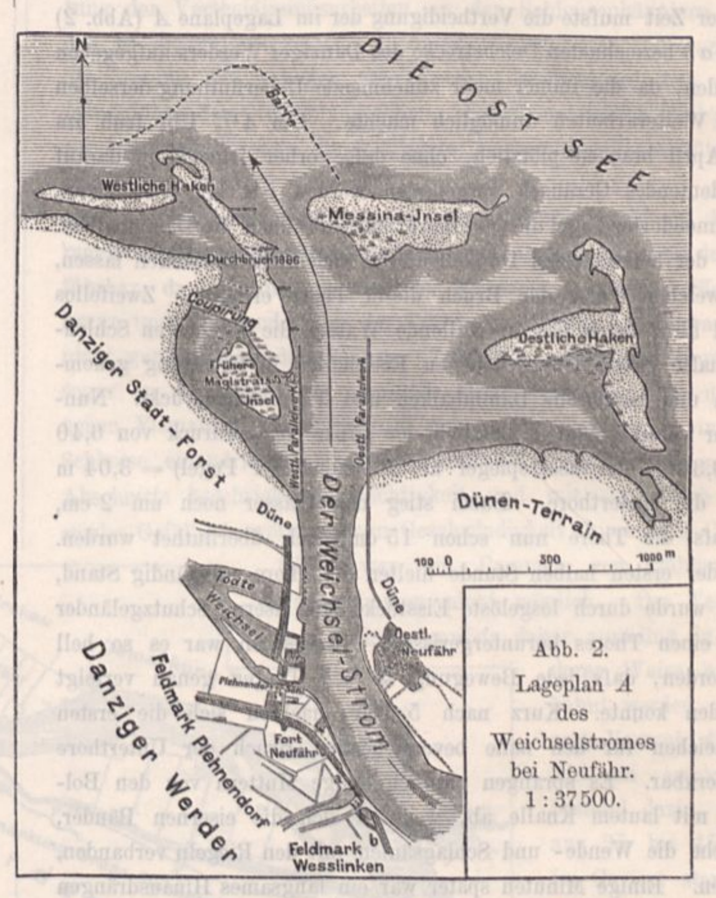


Abb. 2. Lageplan A des Weichselstromes bei Neufähr. 1:37500.

39,55 m lang. Die ganz gleich construirten vier Thore sind je 7,61 m breit und 5,13 m hoch. Das Ein- bezw. Auslassen des Wassers geschieht in jedem Thore durch ein Schütz. Der Schleusendrempel liegt auf 1,25 m, das Schleusengelände (übereinstimmend mit Oberkante Holm auf den Stirnwänden der Häupter) auf 6,90 m am Plehnendorfer Pegel. Beim Eintritt des Grundeisganges wurden jährlich 13,6 m lange und 30/34 cm starke Dammbalken vor den Oberthoren eingelegt, was auch im Winter 1885/1886 ordnungsmäfsig geschehen ist. Die Dammbalken schlossen ziemlich dicht. Zwar stand zu beiden Seiten derselben bei geschlossenen Oberschützen das Wasser gleich hoch, die Dammbalken bogen sich aber bei einem Versuche, die Schleusenkammer behufs Entlastung der Oberthore zur Hälfte durch Oeffnen der oberen Schütze zu füllen, so bedeutend durch, dafs die letzteren, wollte man nicht auf die Benutzung der Dammbalken bei Vertheidigung der Schleuse verzichten, sofort wieder geschlossen werden mufsten.

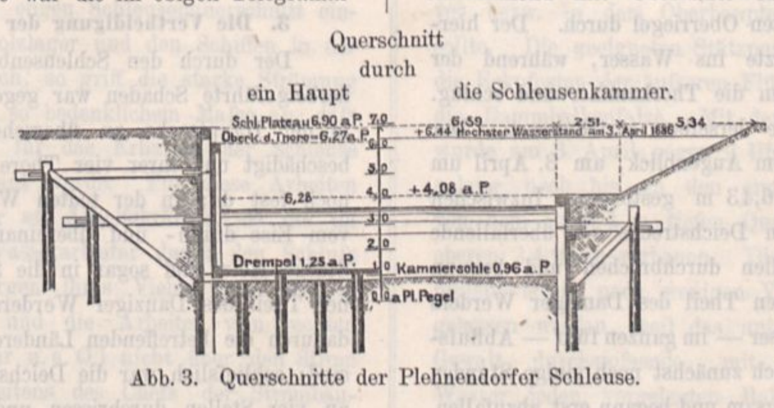


Abb. 3. Querschnitte der Plehnendorfer Schleuse.

Am 2. April um 7 Uhr abends begann infolge eines Bruches des rechtsseitigen Weichseldeiches der neuen Binnennehrung ein langsames Fallen des Wasserspiegels. Am 3. April

$1^1/_2$ Uhr nachts waren bereits 5,72 m am Plehnendorfer Pegel abgelesen worden, als plötzlich, offenbar nachdem die vorgenannte Niederung vollgelaufen war, schnelleres Steigen eintrat, sodafs eine Stunde später der Pegel wieder die Höhe vom 2. April nachmittags und um 4 Uhr früh sogar 6,34 m anzeigte. Die Oberthore wurden nunmehr 9 cm hoch überströmt und hatten einen Wasserdruck von rund 3 m auszuhalten. Zu dieser Zeit mufste die Vertheidigung der im Lageplane *A* (Abb. 2) mit *ab* bezeichneten Deichstrecke des Danziger Werders aufgegeben werden, da die immer mehr zunehmende Ueberfluthung derselben das Weiterarbeiten unmöglich machte. Um $4^1/_2$ Uhr früh am 3. April brachen plötzlich, ohne dafs vorher irgend ein darauf hindeutendes Geräusch vernommen worden ist, bei 6,40 m am Plehnendorfer Pegel die Oberthore und mit ihnen die Dammbalken. Bei der herrschenden Dunkelheit hat sich nicht feststellen lassen, in welcher Weise der Bruch dieser Thore erfolgte. Zweifellos sind aber durch das überfallende Wasser die im oberen Schleusenhalse zusammengeschobenen Eisschollen in Bewegung gekommen und haben die Dammbalken und Thore eingedrückt. Nunmehr vereinigte sich plötzlich der ganze Wasserdruck von 6,40 —3,36 (Unterwasserspiegel am Plehnendorfer Pegel) = 3,04 m auf die Unterthore. Dabei stieg das Wasser noch um 2 cm, sodafs die Thore nun schon 15 cm hoch überfluthet wurden. In der ersten halben Stunde hielten die Thore vollständig Stand, nur wurde durch losgelöste Eisstücke das eiserne Schutzgeländer des einen Thores heruntergerissen. Inzwischen war es so hell geworden, dafs jede Bewegung in den Thoren genau verfolgt werden konnte. Kurz nach 5 Uhr machten sich die ersten Anzeichen für den nahe bevorstehenden Bruch der Unterthore bemerkbar. Es sprangen nämlich einige Muttern von den Bolzen mit lautem Knalle ab, wodurch sich die eisernen Bänder, welche die Wende- und Schlagsäulen mit den Riegeln verbanden, lösten. Einige Minuten später war ein langsames Hinausdrängen des Oberriegels aus der Wendesäule des rechtsseitigen Thores zu bemerken; dann brach, wahrscheinlich infolge eines der heftigen Stöfse, welche die mächtige, in der Schleusenkammer während des Winters gebildete, ungetheilte Eisscholle in kurzen Zeitabständen gegen die Thore ausübte, die Wendesäule unmittelbar unter dem schon schadhaften Oberriegel durch. Der hierdurch zerstörte Thorflügel stürzte ins Wasser, während der linksseitige Thorflügel platt gegen die Thorkammerwand schlug. Hierbei wurde die untere Hälfte derselben zertrümmert. Der Plehnendorfer Pegel war in diesem Augenblick, am 3. April um 5 Uhr 15 Minuten früh, auf 6,43 m gestiegen. Inzwischen hatte das auf der vorerwähnten Deichstrecke *ab* überfallende Wasser den Deich an vier Stellen durchbrochen und begann nach und nach den tiefgelegensten Theil des Danziger Werders unter Wasser zu setzen. Trotz dieser — im ganzen fünf — Abflufsöffnungen hielt der Wasserstand sich zunächst noch einige Stunden auf 6,43 m, stieg dann sehr langsam und begann erst abzufallen, als am 3. April, vormittags zwischen 8 und 9 Uhr, bei 6,44 m die grofse Eisstopfung in östlicher Richtung zwischen der Messina-Insel und dem östlichen Haken durchbrach und sofort auf ganzer Länge in Bewegung kam. Um 10 Uhr vormittags konnten am Plehnendorfer Pegel schon 5,50 m Wasserstand abgelesen werden.

Während vorher durch die Schleuse nur Wasser eingeströmt war, drangen nach Lösung der Eisstopfung auch bedeutende Eismassen durch dieselbe und den Schleusencanal in die todte Weichsel ein. Der Lageplan *B*, Abb. 4, der todten Weichsel von Plehnendorf bis unterhalb Krakauer-Kampe veranschaulicht deutlich den Unterschied in den Profilbreiten der Schleuse, des Schleusencanales und der todten Weichsel. Naturgemäfs mufste beim Austritt der Eismassen aus dem Schleusencanale in das breite Profil *cd* sofort eine bedeutende Verlangsamung in der Bewegung des Wassers und des Eises eintreten. Letzteres breitete sich zunächst über die ganze Wasseroberfläche zwischen beiden Ufern aus und schob sich dann, bei dem geringen Gefälle sehr langsam dem Drucke des von oben nachdrängenden Eises weichend, nach der Krakauer-Kampe zu vor. Dort findet wieder eine so erhebliche Profilerweiterung statt, dafs die Eisschollen, unterstützt durch den Widerstand vorgeschobener Holztraften, schon um $10^1/_2$ Uhr vormittags an dieser Kampe zum Stehen kamen. In der Erkenntnifs, dafs diese Stopfung für den Danziger Hafen von grofsem Vortheil sein müsse, wurde auf Anregung des nächstbetheiligten Holzlagerbesitzers oberhalb Krakauer-Kampe bei Siegeskranz durch Einrammen von 126 Stück 8 m langer Pfähle in die mit Eisschollen durchsetzten Traften der Widerstand noch vermehrt, welchen die auf natürlichem Wege entstandene Stopfung dem von oben nachdrängenden Eise an dieser Stelle schon bot. Bald reihte sich Scholle an Scholle, und noch am 3. April, im Laufe des Vormittags, hatte sich eine feste Stopfung von Siegeskranz bis zum Weichselstrome vor der Schleuse ausgebildet, die sofort von Fufsgängern betreten werden konnte. Als die Wassermassen von der Höhe von 6,44 m am Plehnendorfer Pegel herabstürzten, betrug der Spiegelunterschied zwischen Ober- und Unterwasser rund 3 m. Von diesem Gefälle nahm die Schleuse mit dem Canal etwa zwei Drittel auf, sodafs nur 1 m Gefälle für die todte Weichsel von der Ausmündung des Schleusencanales bis Neufahrwasser, d. i. für 16 km, übrig blieb. Thatsächlich ist auch nur bald nach erfolgtem Bruche der Unterthore eine stärkere Strömung in der todten Weichsel bei Danzig beobachtet worden, welche lose Holzstücke und kleine Handkähne vom Ufer forttrieb. Als der Wasserstand am Plehnendorfer Pegel auf 5,5 m gefallen war, ermäfsigte sich das Gefälle auf 2,1 m, wovon auf die Schleuse etwa 1,2 m, auf den Canal 0,6 m, und auf die todte Weichsel 0,3 m entfielen.

3. Die Vertheidigung der Schleuse und ihr Verbau.

Der durch den Schleusenbruch am Morgen des 3. April herbeigeführte Schaden war gegen Mittag desselben Tages schon in der Hauptsache zu übersehen. Die Schleuse stand stark beschädigt und ihrer vier Thore beraubt, in den Häuptern aber noch fest da; in der todten Weichsel lag eine Anzahl Traften, vom Eise durch- und übereinander geschoben, und vereinzelte Stücke Holz sind sogar in die See vertrieben worden; ein kleiner Theil des Danziger Werders lag unter Wasser, ohne dafs dadurch die betreffenden Ländereien erheblich beschädigt worden sind; schliefslich war die Deichstrecke *ab* des Danziger Werders an vier Stellen durchrissen und stark verwüstet. Die Brüche auf letztgenannter Deichstrecke erwiesen sich indes als wenig tief und wurden bis zum 5. April nachmittags geschlossen. Nur an der Schleuse bestand noch die grofse Gefahr, dafs die Häupter nachstürzen und alsdann die Hochwasser- und Eismassen durch ein breites Profil in die todte Weichsel einströmen würden. Dann allerdings konnte der Schaden ein unermefslicher werden. (Es sei noch bemerkt, dafs hier nur derjenigen Beschädigungen gedacht worden ist, welche der Eisgang vom April 1886 der Plehnendorfer Schleuse und den unmittelbar daran-

stofsenden Deichstrecken zugefügt hat. Aufserdem ist noch, wie oben bereits erwähnt, die ganze neue Binnennehrung untergelaufen und zum Theil versandet.) In der todten Weichsel lagen zur Zeit des Schleusenbruches 141 grofse Seeschiffe, zwei Kaiserliche Kriegsschiffe und eine grofse Anzahl kleiner Dampfer, Bagger usw. der Kaiserlichen Marine, 296 Stromfahrzeuge aufser zahlreichen kleinen Lommen und Handkähnen, 40 Privat-Dampfboote, 25 grofse Bordings, das gesamte schwimmende Inventar der Königl. Hafenbauinspection Neufahrwasser, sowie ein grofser Theil desjenigen der Wasserbauinspection Dirschau, und Holztraften im Werthe von etwa 10 000 000 *M.* Hätte sich die Weichsel bei dem hohen Wasserstande von 5,50 m am Plehnendorfer Pegel, bezw. auch nur bei einem solchen von 5 m in voller Breite in ihr altes Bett ergossen, dann wäre von den oben erwähnten Fahrzeugen und Traften voraussichtlich eine grofse Anzahl beschädigt, vertrieben oder versandet worden. Weitere Beschädigungen waren für die Danziger Privatwerften und die Anlagen des Hafens von Neufahrwasser zu befürchten. Es kam also darauf an, unter allen Umständen eine Erweiterung des Einflufsprofiles in der Schleuse zu verhüten. Dieser Zweck sollte erreicht werden: 1. durch Vertheidigung der vier äufseren Flügelwände der Häupter und 2. durch gleichzeitigen Verbau der Schleuse, der, sobald er gelang, allerdings auch die weitere Vertheidigung der Häupter unnöthig werden liefs.

Abb. 4.
Lageplan *B*
der todten Weichsel
von der Plehnendorfer Schleuse
bis Krakauer-Kampe.
1 : 37 500.

Blieb auch die durch den engen Schleusenquerschnitt eindringende Wassermasse dem Holzlager und den Schiffen in der todten Weichsel ganz unschädlich, so griff die starke Strömung in der Schleuse diese selbst in so bedenklichem Mafse an, dafs ein Abstellen dieser Strömung für das Erhalten der Schleuse als unumgänglich nöthig erkannt wurde. Für diese Arbeiten mangelte es der Bauverwaltung an Arbeitskräften, da die im Danziger Werder wohnenden Wasserarbeiter durch den Schlufs der Deichbrüche und das Bergen ihres Viehes usw. voll in Anspruch genommen wurden und die Arbeiter vom rechten Weichselufer (Bohnsack, Neufähr u. a. O.) nicht über den Strom konnten. Es erging daher seitens des Chefs der Strombauverwaltung an die Commandantur in Danzig das Ersuchen, Militär zur Unterstützung der Bauverwaltung nach Plehnendorf zu senden. Diesem Ansuchen wurde sofort bereitwilligst entsprochen. Schon am 3. April, mittags 12 Uhr, trafen zunächst zur Ausführung der eigentlichen Wasserarbeiten Pioniere, sodann zu den weiteren Arbeiten, besonders dem Füllen von Sandsäcken, auch Infanteristen in Plehnendorf ein, welche unter stetiger Zuziehung von Ablösungsmannschaften solange an der Schleuse verblieben, bis es vom 5. April früh ab der Bauverwaltung möglich wurde, nach und nach die erforderliche Anzahl fremder Arbeiter anzuwerben. Am 7. April rückten die letzten Militärmannschaften von Plehnendorf ab. Es mag hier noch erwähnt werden, dafs am 2. April abends schon vom Deichverbande des Danziger Werders Militär erbeten worden war, und dafs von diesem auch die Königl. Bauverwaltung bei Vertheidigung der Schleusenthore wesentlich unterstützt worden ist. Die Leitung der Vertheidigungsarbeiten an den Schleusenhäuptern war den zu diesem Zwecke nach Plehnendorf entsandten Baubeamten, die Leitung der Arbeiten zum Verbau der Schleuse dem commandoführenden Officier zugefallen. Selbstverständlich fand aber, wo erforderlich, stets die kräftigste gegenseitige Unterstützung statt.

Der nächstliegende Gedanke, die beschädigte Schleuse durch regelrechte Fangedämme abzuschliefsen, war anfangs nicht durchführbar, da auf einen Bestand der Eisstopfung zwischen Siegeskranz und Plehnendorf bei der Wärme des Frühjahrshochwassers nicht gerechnet werden konnte. Zweifellos mufste die Stopfung sogar in kürzester Zeit merklich zusammenrücken und damit neuen Eismassen die Möglichkeit geben, aus dem Strome in die Schleuse einzudringen. Solange aber Eis von der im ersten Abschnitte beschriebenen Mächtigkeit und mit der durch das starke Gefälle hervorgerufenen Geschwindigkeit durch den Canal trieb, war ein Rammen von Pfählen zu Fangedämmen nicht möglich. Der Verbau der Schleuse mufste daher zunächst in anderer Weise angebahnt werden. Der erste Versuch, dieses Ziel zu erreichen, bestand darin, dafs aus 35 bis 45 cm im Geviert starken, etwa 14 m langen Balken, welche einem Holzlager unmittelbar neben der Schleuse entnommen werden konnten, eine doppelte Schutzwand vor bezw. in dem Oberhaupte der Schleuse hergestellt werden sollte. Die geeigneten Stützpunkte boten für die vordere Wand die Eckpfosten der äufseren Flügelwände, für die hintere Wand die Dammbalkenfalze. Mit der Aufstellung der vorderen Wand wurde am 3. April gegen 2 Uhr nachmittags begonnen, und es gelang noch bis zu den ersten Morgenstunden des 4. April, von dem etwa 4 m tiefen Querschnitte des Wassereinlaufes die oberen 2,4 m zu verbauen. Die Aufführung der hinteren Wand mufste schon nach wenigen Versuchen als aussichtslos fallen gelassen werden, weil das unter der oberen Wand mit grofser Gewalt durchstofsende, mit starken Eisschollen durchsetzte Wasser jeden vorgelegten Balken sofort mitten durchbrach.

Das schon früher erwähnte Aufthauen der Stopfung zwischen der Schleuse und Siegeskranz erfolgte thatsächlich so schnell, dafs am 3. April abends die Schleuse selbst, am 4. April früh bereits der ganze Schleusencanal eisfrei war. Der Eisgang auf der Weichsel nahm am 4. April von Mitternacht ab noch zu und sandte mit der fortschreitenden Auflösung der Stopfung immer häufiger, namentlich tiefschwimmende Schollen in die Schleuse. Diesem fortwährenden Angriffe hielt auch die vordere Wand nicht lange Stand, und schon um 9 Uhr vormittags, am 4. April, war dieselbe bis auf einige obere, ziem-

lich einflufslose Balken fortgerissen. Ohne Zweifel hat die obere Wand trotz der kurzen Dauer ihrer Wirksamkeit eine grofse Anzahl Schollen von der todten Weichsel fern gehalten.

Als auch gegen Mittag desselben Tages noch immer Eis in grofser Menge und bedeutender Stärke im Strome heruntertrieb und schon wiederholt im Oberhaupte losgerissene Dielen aus der Tiefe aufgeschwommen waren, die Beschädigung der äufseren Flügelwände auch einen immer gröfseren Umfang annahm, wurde noch ein zweiter Versuch angestellt, die Schleuse möglichst schnell zu schliefsen. Man entnahm aus dem in der Nähe der letzteren befindlichen Parke des staatlichen Dampfbaggers „Plehnendorf" drei alte hölzerne Prähme, schaffte dieselben über Land nach der Schleusenkammer und legte sie dort, wie aus dem Lageplane der Plehnendorfer Schleuse, Abb. 5, ersichtlich, alle drei nebeneinander fest. Sodann wurden vom Lande aus mit thunlichster Beschleunigung Steine und gefüllte Sandsäcke in diese Fahrzeuge geschafft. Plötzlich sank der Prahm *m* auf den Grund. Durch den Druck des dem versunkenen Prahme nachstürzenden Wassers wurde der Prahm *n* gerade auf den Prahm *m* und demnächst auch der Prahm *o* auf den Prahm *n* geworfen. Wenn die drei Prähme nun auch nicht mehr die ihrer Bestimmung, das Fundament für einen Querdamm aus Sandsäcken und Steinen zu bilden, entsprechende Verwendung finden konnten, so verursachten sie immerhin eine Verringerung des Durchflufsprofiles in der Schleuse. Es mufs indes hervorgehoben werden, dafs sowohl beim Vorlegen der Balkenwände, als auch beim Versenken der Prähme von keinem der Betheiligten verkannt worden ist, dafs ein Erfolg bei beiden Mafsnahmen sehr zweifelhaft sei. Für die ersten Arbeiten nach Durchbruch der Schleusenthore war aber nicht die Frage zu entscheiden, wie und mit welchem Material verschliefst man die Schleuse am besten, sondern diejenige, wie kann man die in unmittelbarer Nähe der Schleuse befindlichen Materialien und Geräthschaften zum schnellen Schlusse derselben verwerthen. Die Absicht, die Schleuse während des Eisganges zu verbauen, zumal letzterer nach Meldungen aus dem oberen Stromgebiet bald sein Ende erreichen mufste, wurde nunmehr vorläufig aufgegeben, und alle verfügbaren Mannschaften und Materialien wurden für den Schutz der äufseren vier Flügelwände der Häupter verwandt. Sehr bald nach Auflösung der Eisstopfung in der Schleuse zeigten sich gefährliche Vertiefungen an den äufseren Flügelwänden des Unterhauptes; auch wurde zu beiden Seiten das angrenzende Ufer bis zu den in Abb. 5 punktirt eingetragenen Linien fortgerissen. Einzelne Pfähle der Unterhäupter hingen nur noch mit den Zapfen im Holme, während die Spitzen nicht mehr in den Boden reichten. Aehnliche Auskolkungen traten wiederholt und fast stets plötzlich in den äufseren Flügelwänden des Oberhauptes ein. Die linke Schleusenkammerwand wich in halber Länge nach der Schleusenachse zu um 1,50 m aus und drohte einzustürzen. Wenn sich nun auch die Gefährlichkeit eines möglichen Durchbruches des Weichselstromes nach dem Danziger Hafen mit dem nach und nach abfallenden Wasser und dem abnehmenden Eisgange sehr verringerte, so mufste doch danach gestrebt werden, die Schleuse möglichst unverletzt zu erhalten, damit dem Danziger Handel dieses wichtige Verkehrsmittel so schnell, als irgend angänglich, wieder benutzbar gemacht werden könne. Es gelang schliefslich infolge reichlicher Zufuhr von Steinen, Sandsäcken und Pfählen aus dem nahen Danzig, die Schleusenhäupter im unteren Theile unversehrt zu erhalten und die linke Schleusenkammerwand in der vorher beschriebenen Ausbiegung durch Steinpackungen und Versteifung gegen die gegenüberliegende Kammerwand zu behaupten. Allerdings mufste Tag und Nacht gearbeitet werden, in der Nacht bei elektrischer Beleuchtung, welche die im Plehnendorfer Hafen liegenden Eisbrechdampfer lieferten.

Am 5. April war der Strom endlich soweit eisfrei, dafs mit dem Bau eines Fangedammes begonnen werden konnte. Die Ausführung desselben machte Schwierigkeiten, weil der Fangedamm im vollen Strome erbaut werden mufste und letzteren abzuschneiden bestimmt war. Es handelte sich dabei eigentlich um eine „Stromdurchdämmung", zu deren Herstellung das hier sonst gebräuchliche Faschinenmaterial nicht in ausreichendem Mafse zu Gebote stand. Die geeignetste Stelle hierfür war im Canale unterhalb der Schleuse zu suchen und zwar einerseits, um das Trockenlegen der Baugrube nicht unnöthig zu erschweren, möglichst nahe am Unterhaupt, andererseits, um nur mit handlichen, 7 bis 8 m langen Pfählen und aufserhalb der Strudelbildung des aus der Schleuse herausstürzenden Wassers arbeiten zu können, möglichst weit von dieser entfernt. Es wurde der Querschnitt *DE* (Abb. 5) als derjenige ermittelt, welcher beiden Anforderungen namentlich auch deshalb am besten entsprach, weil hier das Strombett aus ziemlich festem Thon bestand. Dieser Querschnitt hatte bei etwa zweifacher Böschungsanlage der Ufer eine gleichmäfsige Tiefe von 3 m. Die zu beiden Seiten des Canales die Ufer einfassenden Faschinen-Deckwerke wurden in angemessener Länge beseitigt und auf dem Canale durch Verankern einiger Holztraften aus 370 Stück Mauerlatten von Ufer zu Ufer ein Uebergang und ein geeignetes Arbeitsfeld geschaffen. Um die ohnehin schon ziemlich sichere Sohle noch mehr gegen Auskolkungen zu schützen, gelangte zunächst eine durchschnittlich 10 m breite Durchlage aus 1 m hohen, 0,70 m breiten Säcken, welche zu $^2/_3$ mit Sand gefüllt wurden, zur Ausführung, wie aus dem Querschnitt des Fangedammes in Abb. 6 ersichtlich ist. Das Verstürzen der Säcke konnte von den Traften aus sehr genau bewirkt werden. Trotz dieser Ausdeckung der Sohle vertiefte sich dieselbe durchschnittlich um 1 m und kam erst zur Ruhe, nachdem noch weitere Sandsackschichten verlegt waren. Gleichzeitig mit der Herstellung des Grundbettes (Durchlage) wurde mit vier Zugrammen das Einschlagen der erforderlichen 64 Pfähle in Abständen von 1 m von Mitte zu Mitte begonnen und nach achtundvierzigstündiger, ununterbrochener Thätigkeit beendet. Zu dieser Arbeit wurden nur erfahrene Zimmerleute und Wasserarbeiter verwendet, da namentlich die Nachtarbeit auf dem schwankenden und zahlreiche Lücken enthaltenden Flofse sehr gefährlich war. Die Beleuchtung wurde durch grofse Feuer an beiden Ufern und Petroleumfackeln bewirkt, da das elektrische Licht der Eisbrechdampfer aus dem Hafen wegen der Höhe des Canalufers die Baustelle nicht erreichte. Nachdem alle Pfähle gerammt, verriegelt und verzangt waren, bot der übrige Ausbau des Fangedammes bis zur Höhe von 3,50 m am Plehnendorfer Pegel (Wasserstand der todten Weichsel) keine nennenswerthen Schwierigkeiten, zumal es gelang, am 6. April, als das Oberwasser auf 4,20 m gefallen war und das Eistreiben auf dem Strome vollständig aufgehört hatte, zur Erleichterung der Fangedammarbeiten durch ein Nadelwehr im oberen Schleusenhaupte den Einlauf des Wassers in die todte Weichsel abzuschliefsen. Den unteren Stützpunkt für die Nadeln bot der Drempel des Ober-

hauptes, den oberen ein zu diesem Zwecke hergestelltes Sprengewerk, welches, durch sechs eiserne 30 mm starke Stangen an fünf etwa 34 bis 38 cm starken, quer über die Schleuse gelegten Balken aufgehängt, sich mit den Enden des Spannbalkens gegen

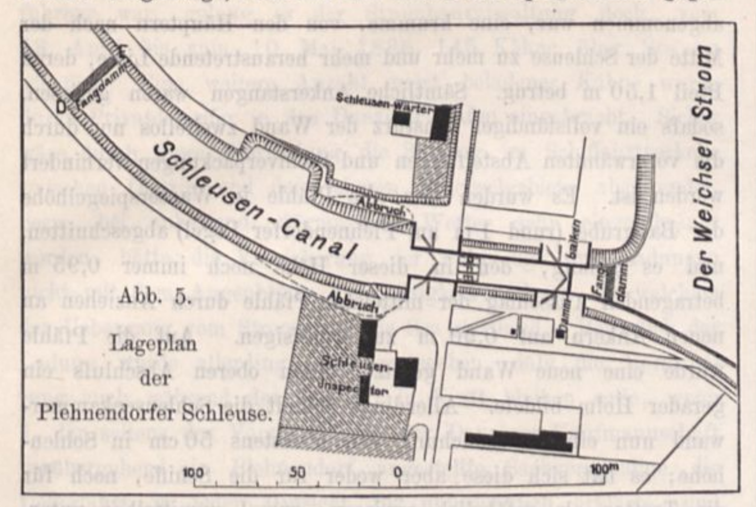


Abb. 5. Lageplan der Plehnendorfer Schleuse.

die vortretenden Hinterwände der Wendenischen stützte und ungefähr der Form des Drempels entsprach. Abb. 7. veranschaulicht die Construction des Nadelwehrs in allen Theilen. Der Verband der $^{33}/_{33}$ cm starken Hölzer wurde durch kräftige eiserne Bolzen und Bänder verstärkt und einem Aufkippen des Sprengewerkes wirksam durch hölzerne Steifen zwischen den Tragebalken und dem Sprengewerk vorgebeugt. Die Strombauverwaltung ersuchte nun die Wasserbauinspection Bromberg um einen geschickten Nadelsetzer, welcher am 7. April in Plehnendorf eintraf und mittels 125 Nadeln von $^{10}/_{12}$ cm gleichmäfsiger Stärke und 4,2 m Länge bis zum 8. April vormittags den Thorkammerquerschnitt verstellte. Die Durchbiegung des Spannbalkens betrug bei der stärksten Beanspruchung 15 mm.

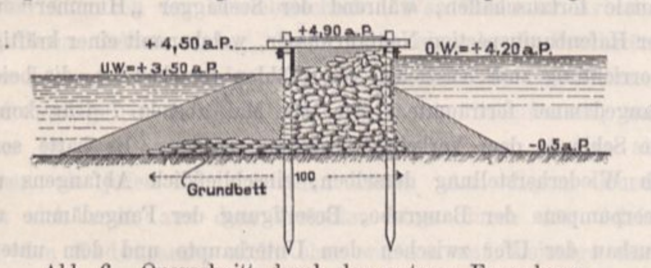


Abb. 6. Querschnitt durch den unteren Fangedamm. (Grundbett und Kern bestehen aus Sandsäcken, Vorschüttungen aus leichtem Sandboden.)

Das Nadelwehr liefs nur wenig Wasser durch, sodafs eine kaum merkliche Strömung in der Schleuse und im Canale verblieb. Der untere Fangedamm hatte inzwischen den Wasserspiegel des Unterwassers überschritten, wodurch sich der jetzt noch im ganzen $4{,}20 - 3{,}50 = 0{,}70$ m betragende Stau allmählich mehr und mehr vom Nadelwehr nach dem Fangedamme verschob. Als der Stau am Nadelwehr nur noch 15 cm betrug, schwammen sämtliche Nadeln auf. Der Fangedamm lag unmittelbar vorher in der Mitte auf 12 m Länge noch 1 m unter Oberwasserspiegel, nach den Ufern zu aber bereits in Höhe dieses Wasserspiegels. Der plötzliche Stauzuwachs um 15 cm beim Aufschwimmen des Nadelwehrs verursachte wiederum ein Ueberfluthen fast des ganzen Dammes. Nun mufste alle Kraft daran gesetzt werden, den Verbau zum Schlusse zu bringen. Mit äufserster Anstrengung aller Arbeiter wurden Senkfaschinen, Steine und Bündel von 3 bis 5 zusammengeschnürten Sandsäcken so schnell als möglich auf den Fangedamm aufgeworfen, bis derselbe um 2 Uhr nachmittags am 9. April nicht mehr überströmt wurde. Hiermit war der Fangedamm aber noch nicht fertig. Starke Arbeiterabtheilungen mufsten sofort mit dem Verschütten von Erde im Oberwasser beginnen, und es erforderte noch die angestrengteste Arbeit mehrerer Tage, bis der Damm vollkommen dicht war. Da später nach Trockenlegung der Baugrube der Wasserdruck vom Unterwasser herkam, wurde auch auf dieser Seite eine flache Böschung theils durch Auswurf von Baggergut, theils durch Verstürzen herangekarrter Erde vom Fangedamme aus hergestellt. Trotzdem ist eine unausgesetzte Wachsamkeit und ein fortwährendes Nachschütten von Erde erforderlich gewesen, um die während der Wiederherstellung der Schleuse fast täglich und namentlich in den untersten Sandsackschichten eingetretenen gröfseren und kleineren Durchrisse im Keime zu ersticken.

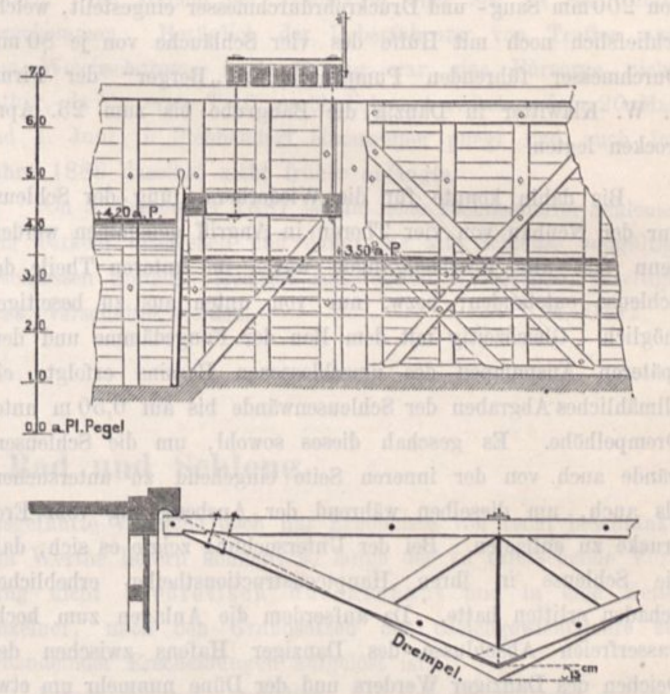


Abb. 7. Schnitt und obere Aufsicht des Nadelwehrs. 1:150.

4. Die Wiederherstellung der Schleuse und der dazu gehörigen Anlagen.

Noch am 9. April wurden die Vorbereitungen zum Bau des oberen Fangedammes getroffen. Am 10. April begann das Einschlagen der Pfähle mittels zweier Kunstrammen, am 12. konnten noch zwei Zugrammen zum Eintreiben der Stülpwände aufgestellt werden. Die Construction des oberen Fangedammes entsprach genau der allgemein üblichen. An drei inneren Führungsbohlen, deren Befestigung unter Wasser durch einen Taucher geschah, wurden neben jeder der beiden Pfahlreihen 8 cm starke Bohlen in 10 cm lichtem Abstande von einander eingerammt. Die Lücken erhielten eine Deckung aus 5 cm starken, vorgerammten Dielen. Oben in 4,50 m Höhe befand sich an jeder Pfahlreihe ein äufserer Brustriegel. Beide Brustriegel waren durch Zangen in 1,5 m gegenseitiger Entfernung mit einander verbunden. Leider wurde der Fangedamm zufällig genau auf dieselbe Stelle gesetzt, auf welcher in früheren Jahren ein zum Theil mit Strauch und Steinen ausgefüllter Fangedamm gestanden hatte, oder stärkere Sohlenbefestigungen ausgeführt worden waren. Aus diesem Grunde wichen die Bohlen der Stülpwand vielfach unter den Rammen seitlich aus, sodafs sich schliefslich, namentlich in den während der Nachtstunden ausgeführten Theilen, erhebliche Lücken vorfanden. Ein Taucher

bemühte sich zwar, diese durch Sandsäcke zu verstopfen, es blieben aber immer noch soviel Oeffnungen, dafs es auch bei diesem Fangedamme schliefslich und vornehmlich, um Zeit zu gewinnen, als nothwendig erkannt wurde, je eine Lage Sandsäcke gegen die Stülpwand zu legen und dann erst den mittleren Kern aus Erde einzubauen. Am 16. April nachmittags war der Fangedamm fertig. Nun hiefs es, die mächtige, durchschnittlich 3,0 m tiefe Baugrube auszupumpen. Zunächst wurden drei für diesen Zweck besonders angefertigte Blechheber von 15 cm Rohrdurchmesser auf dem unteren Fangedamme zur Wirkung gebracht und mittels dieser im Laufe der Nacht von dem ganzen, 70 cm betragenden Höhenunterschiede zwischen Ober- und Unterwasser 57 cm abgelassen. Dann wurden drei Centrifugalpumpen von 200 mm Saug- und Druckrohrdurchmesser eingestellt, welche schliefslich noch mit Hülfe des vier Schläuche von je 80 mm Durchmesser führenden Pumpenschiffes „Berger" der Firma J. W. Klawitter in Danzig die Baugrube bis zum 23. April trocken legten.

Bis dahin konnte für die Wiederherstellung der Schleuse nur der Neubau von vier Thoren in Angriff genommen werden, denn fast alle Beschädigungen waren im unteren Theile der Schleuse entstanden, bezw. nur von unten aus zu beseitigen möglich. Gleichzeitig mit dem Bau der Fangedämme und dem späteren Auspumpen des umschlossenen Bassins erfolgte ein allmähliches Abgraben der Schleusenwände bis auf 0,50 m unter Drempelhöhe. Es geschah dieses sowohl, um die Schleusenwände auch von der inneren Seite eingehend zu untersuchen, als auch, um dieselben während der Ausbesserung vom Erddrucke zu entlasten. Bei der Untersuchung zeigte es sich, dafs die Schleuse in ihren Hauptconstructionstheilen erheblichen Schaden erlitten hatte. Da aufserdem die Anlagen zum hochwasserfreien Abschlusse des Danziger Hafens zwischen den Deichen des Danziger Werders und der Düne nunmehr um etwa 1,0 m erhöht werden mufsten, nachdem der höchste Wasserstand von 1883 den bis dahin bekannten höchsten um 0,65 m und der höchste Wasserstand vom Jahre 1886 wiederum denjenigen von 1883 um 0,46 m überstiegen hatte, so wurde beschlossen, die alte Schleuse nur für den Betrieb von 1 bis 2 Jahren auszubessern und in deren unmittelbarer Nähe mit möglichster Beschleunigung eine neue Schleuse zu erbauen.

Die erforderlichen Wiederherstellungsarbeiten an der alten Schleuse bestanden im wesentlichen: 1. im Anbringen von vier neuen Thoren; 2. im Ausbessern und theilweisen Erneuern des Schleusenbodens, wie aller vortretenden Ständer und Reibehölzer in bezw. vor den Wänden des Ober- und Unterhauptes; 3. in der Instandsetzung der umgedrückten linken Schleusenkammerwand; 4. in der Ausfüllung und Abdeckung der über 2 m tief ausgekolkten Schleusenkammersohle, und 5. in der Wiederherstellung beider Canalufer unterhalb und oberhalb der Schleuse zwischen den Fangedämmen. Alle diese Arbeiten, wie die vorbeschriebenen Fangedämme wurden von der Verwaltung selbst ausgeführt; sie erlitten, wenn die Witterung es irgend gestattete, auch in der Nacht keine Unterbrechung. Am 29. April waren die Thore einschliefslich des Eisenbeschlages fertig und konnten auf Rollen in die Schleuse geschafft werden. Am 4. Mai waren alle vier Thore ordnungsmäfsig eingehängt. Dieselben entsprachen genau den alten Thoren, nur erhielten sie je zwei Schütze, um einen schnelleren Ausgleich der Wasserstände zu erzielen.

Von den übrigen Wiederherstellungsarbeiten läfst nur die unter 3. aufgeführte eine eingehende Besprechung angezeigt erscheinen. Die Pfahlköpfe der linken Schleusenkammerwand bildeten, nachdem der mehrfach durchbrochene Holm abgenommen war, eine krumme, von den Häuptern nach der Mitte der Schleuse zu mehr und mehr heraustretende Linie, deren Pfeil 1,50 m betrug. Sämtliche Ankerstangen waren gerissen, sodafs ein vollständiger Umsturz der Wand zweifellos nur durch die vorerwähnten Absteifungen und Steinverpackungen verhindert worden ist. Es wurden nun alle Pfähle in Wasserspiegelhöhe der Baugrube (rund 1 m am Plehnendorfer Pegel) abgeschnitten, und es gelang, den in dieser Höhe noch immer 0,95 m betragenden Ausschlag der mittelsten Pfähle durch Anziehen an neuen Ankern auf 0,50 m zu ermäfsigen. Auf die Pfähle wurde eine neue Wand gesetzt, deren oberen Abschlufs ein gerader Holm bildete. Allerdings behielt die Schleusenkammerwand nun eine Ausbauchung von höchstens 50 cm in Sohlenhöhe; es hat sich diese aber weder für die Schiffe, noch für die Traften als gefährlich erwiesen, zumal unmittelbar unterhalb des oberen Holmes ein starker Brustriegel längs der ganzen Kammerwand angebracht worden ist. Zu sehen war nach Füllung der Schleuse nur der gerade obere Holm. Die Sohle der Schleusenkammer ist nach vollständiger Ausfüllung bis zur Höhe des oberen Vorbodens mittels Faschinen abgedeckt worden, welche durch Steine am Aufschwimmen verhindert werden. Am 7. Mai waren die Wiederherstellungsarbeiten 1 bis 5 soweit fertig, dafs das Wasser wieder in die Schleuse eingelassen, und mit Beseitigung der Fangedämme begonnen werden konnte. Zwei kleinere Dampfbagger, „Beckmesser" und „Plehnendorf", erhielten den Auftrag, die Erdvorschüttungen neben den Fangedämmen, wie einzelne störende Sandablagerungen im Schleusencanale fortzuschaffen, während der Seebagger „Hummer" von der Hafenbauinspection Neufahrwasser, welcher mit einer kräftigen Vorrichtung zum Ausziehen von Pfählen versehen ist, die beiden Fangedämme forträumte. Am 10. Mai abends 7 Uhr konnte die Schleuse dem Verkehr übergeben werden. Es hatte somit die Wiederherstellung derselben, einschliefslich Abfangens und Leerpumpens der Baugrube, Beseitigung der Fangedämme und Ausbau der Ufer zwischen dem Unterhaupte und dem unteren Fangedamme nach Abzug des Charfreitags und des Ostersonntags, an welchen Tagen nicht gearbeitet wurde, nur 34 Arbeitstage erfordert. Die Gesamtkosten der Vertheidigungs- und Wiederherstellungsarbeiten, wie die Kosten für die im nächsten Abschnitte zu beschreibenden Einrichtungen zur Förderung der Schiffahrt von Plehnendorf über See nach Neufahrwasser, erforderten einen Aufwand von 93 495,86 Mark.

5. Die Vermittlung des Verkehrs der Stromfahrzeuge über See zwischen Plehnendorf und Neufahrwasser.

Infolge der ungewöhnlich langen Unterbrechung der Schiffahrt im Winter 1885/86 lag wohl eine gröfsere Anzahl beladener Segelschiffe in Russisch-Polen beim Aufbruche der Eisdecke zur Thalfahrt fertig gerüstet, als sonst. Ein bedeutender Theil dieser Fahrzeuge hatte das Endziel Danzig, welches aber von Plehnendorf aus, solange die Schleuse daselbst gesperrt blieb, nur noch auf dem Seewege über Neufahrwasser, im Schlepptau eines Dampfers, zu erreichen möglich war. Um nun der Schiffahrt thunlichst die Wege zu ebenen, liefs die Strombau-

verwaltung durch ihre Schlepp- und Eisbrechdampfer die Kähne aller Schiffer, die es wünschten, zwischen Neufahrwasser und Plehnendorf unentgeltlich über See schleppen. Wenn die Fahrt von Flufskähnen über See auch nur bei ruhigem Wetter ausführbar war, gelang es der Strombauverwaltung doch, vom 13. April bis zum 10. Mai 1886 145 Kähne über See zu schaffen. Eine weitere Anzahl meist beladener Kähne wurde durch Privatdampfer in den Danziger Hafen eingebracht. Sicher wäre durch diese Einrichtung die Störung im Schiffahrtverkehr zwischen Danzig und dem oberen Weichselgebiete abgewendet, bezw. bei anhaltend stürmischem Wetter sehr eingeschränkt worden, hätte die Versicherung der Fahrzeuge und Ladungen nicht mit dem Augenblicke die Gültigkeit verloren, in welchem der Uebergang vom Strome auf die See stattfand. Bezüglich der Ladung wurde allerdings bald zugegeben, dafs die Versicherung auch während der Seefahrt in Kraft bleiben solle, wenn 1. der seitens des Vorsteheramtes der Danziger Kaufmannschaft vorübergehend in Plehnendorf angestellte Sachverständige die Ueberfahrt in jeder Hinsicht für unbedenklich erklärte, und 2. die Masten gelegt waren. Zu letzterem Zwecke entlieh die Strombauverwaltung von der Hafenbauinspection Neufahrwasser einen hölzernen Spirenkrahn von 15 Tonnen Tragfähigkeit und richtete denselben bei Wefslinken kurz oberhalb der Plehnendorfer Schleuse auf. Viel Gebrauch ist von diesem Entgegenkommen der Versicherungsgesellschaften nicht gemacht worden, weil die obigen Bedingungen zum Theil noch ziemlich lästig waren und die Schiffer, von denen die Zustimmung zur Fahrt über See schliefslich auch abhing, dabei mit den Fahrzeugen selbst nach wie vor unversichert blieben. Erst kurz vor Wiedereröffnung der Schleuse übernahm es eine Privat-Dampfschiffahrtgesellschaft unter eigener Gewährleistung für Fahrzeug und Ladung, jeden Kahn gegen ein Entgelt von 100 ℳ über See zu schleppen. Es war dieses Angebot jedenfalls sehr annehmbar, soweit es sich um Ladungen handelte, welche bei längerem Liegen im dumpfen Schiffsraume Schaden leiden konnten, und thatsächlich machten noch 20 Schiffer von derselben Gebrauch. Bei keinem der Transporte über See ist ein Unfall vorgekommen. Bezüglich der Ueberführung von Traften aus dem Weichselstrome nach Danzig war eine Fürsorge nicht nöthig, da die erste Traft gewöhnlich erst zwischen dem 20. Mai und 1. Juni in Plehnendorf einzutreffen pflegt und auch im Jahre 1886 daselbst nicht früher anlangte.

Am 3. September 1887 ist die neue Plehnendorfer Schleuse dem Verkehr übergeben und damit die alte Schleuse endgültig geschlossen worden. Letztere soll, soweit erforderlich, beseitigt bezw. verschüttet werden. M. Görz.

Die Wirkungen zwischen Rad und Schiene.

Die Erforschung der Einzelheiten des Vorganges, welcher sich beim Durchfahren eines Geleises mit Locomotiven, Wagen oder ganzen Zügen abspielt, bildet ohne Zweifel eine der wichtigsten Aufgaben der Betriebstechnik. Was bisher an Arbeiten auf diesem Gebiete vorlag, kann nicht einmal als Bruchstück einer Lösung dieser Aufgabe gelten, da sich die verschiedenen Theilvorgänge in hohem Grade gegenseitig beeinflussen, und daher im Zusammenhange unter Umständen ganz anders ablaufen, als jeder für sich thun würde. Aus diesem Grunde läfst sich z. B. aus dem Verhalten eines durch das Geleise rollenden Räderpaares nicht ohne weiteres auf dasjenige eines Achsenpaares oder gar eines ganzen Fahrzeuges schliefsen. Hierzu gehört mehr, nämlich die Kenntnifs aller bei dem Gesamtvorgange auftretenden Einzelerscheinungen. Nun ist selbst die getrennte Erforschung der letzteren in den meisten Fällen eine sehr schwierige Aufgabe; man hat sich deshalb bisher damit begnügt, rein „empirische" Formeln aufzustellen (deren Bau nach allgemeinen theoretischen Erwägungen oder auch ganz willkürlich gewählt wurde) und die in diesen Formeln auftretenden unveränderlichen Zahlenwerthe durch Versuche zu bestimmen. So ist man beispielsweise zu Gleichungen gelangt, aus denen sich der Zugwiderstand in gerader und gekrümmter Bahn für Züge und Geleise, welche den zu den Versuchen benutzten ähnlich sind, mit befriedigender Genauigkeit berechnen läfst, die aber ganz unzutreffende Ergebnisse liefern können, wenn man sie auf abweichende Verhältnisse anwendet. Keine dieser Formeln erfreut sich allseitiger Anerkennung; fast jede von ihnen ist schon entschieden bekämpft und als nur bedingungsweise brauchbar erwiesen worden, sodafs sich dem Fachmann die Ueberzeugung aufdrängen mufs, wie selbst sehr sorgfältig durchdachte und mit allen Hülfsmitteln der Neuzeit ausgeführte Versuche doch nur Ergebnisse von recht beschränktem Werthe liefern können, so lange der zu erforschende Vorgang nicht theoretisch durchschaut und in eine Kette einzelner, nach den Grundsätzen der Gleichgewichtslehre zu behandelnder Erscheinungen aufgelöst ist.

Diesem Mangel abzuhelfen, hat sich ein unlängst erschienenes, vom Königlichen Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector Boedecker herausgegebenes Werk*) zur Aufgabe gestellt. Vom Einfachen zu Verwickelterem fortschreitend, erörtert es zunächst das Verhalten einzelner Räderpaare, insbesondere die Lage der Rollkreise auf den Laufflächen der Radreifen, den Druck in der Stützfläche der letzteren, deren Umfangslinie unter gewissen Voraussetzungen als eine Ellipse erkannt wird, den Vorgang beim Rollen und die Natur des sogenannten Widerstandes der rollenden Reibung, sowie auch den Widerstand der beim Rollen in den Stützflächen der Radreifen infolge der Kegelform auftretenden Gleitbewegung usw. Daran reihen sich Untersuchungen über das Verhalten vierrädriger Wagen in Bahnkrümmungen. Es werden zu diesem Zwecke die verschiedenen Stellungen besprochen, welche der Wagen als Ganzes in der Curve einnehmen kann. Sodann wird die Richtung und Gröfse des Gleitens der Räder auf den Schienen ermittelt. Bei gegebenem Raddruck und Reibungswerth folgt hieraus die Gröfse

*) Die Wirkungen zwischen Rad und Schiene und ihre Einflüsse auf den Lauf und den Bewegungswiderstand der Fahrzeuge in den Eisenbahnzügen. Nach eigener Theorie aus der Construction der Fahrzeuge und mit Rücksicht auf die Lage des Geleises ermittelt von Boedecker, Königl. Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector. Hannover 1887. Hahn'sche Buchhandlung. 113 Seiten in 8° mit 44 Holzschnitten im Text und 2 Steindrucktafeln. Preis 4 ℳ — Untersuchungen ähnlicher Art und von demselben Verfasser herrührend, sind übrigens schon im Jahrgang 1873 dieser Zeitschrift (Seite 345) veröffentlicht worden.

der in der Richtung der Wagenachse und der Radachse wirkenden Widerstände, sowie auch diejenige der auf Drehung des Wagens wirkenden Kräfte. Dabei ergiebt sich, dafs die Gröfse des Productes aus dem Krümmungshalbmesser der Bahn und dem Spielraum der Räder über die Stellung des Wagens im Geleise entscheidet. Ferner wird gezeigt, wie aus der Belastung und dem Seitendruck des führenden Vorderrades, sowie aus der Richtung, in welcher dieses Rad gleitet, die Neigung der Stützfläche und die Lage des Stützpunktes gegen die Radachse bestimmt werden kann. Die so gewonnenen Gleichungen werden dann durch Einführung von Mittelwerthen unter Anlehnung an die Ergebnisse von Versuchen zur Gewinnung einfacher Formeln für den Curvendruck des führenden Vorderrades benutzt. Nachdem noch eine ähnliche Untersuchung für das innere Vorderrad und die Hinterräder durchgeführt ist, folgen Betrachtungen über eine Reihe von Einzelfragen, wie z. B. über den Curvendruck gebremster Fahrzeuge, über den Einflufs des Curvenhalbmessers, des Zuges in den Kupplungen und einer zu schwachen oder zu starken Ueberhöhung der äufseren Schiene auf die Stellung des Wagens, über den Einflufs der Spannung der Kuppelketten auf die zwischen Rad und Schiene wirkenden Kräfte u. dergl. Den Schlufs dieses Abschnittes bildet die Ermittlung des Widerstandes der Fahrzeuge infolge der Geleiskrümmung, also des sogenannten Curvenwiderstandes, sowie der Abhängigkeit desselben von der Form der Radreifen im allgemeinen und der Gestalt der Hohlkehle sowohl wie des Schienenkopfes und der Gröfse des Spielraumes im besonderen. Die beiden folgenden Abschnitte behandeln den Lauf dreiachsiger Locomotiven in Bahnkrümmungen und vierrädriger Wagen in schwach gekrümmten oder geraden Geleisstrecken, sowie die Abnutzung der Schienen.

Hiermit ist der reiche Inhalt des Buches in gedrängter Kürze angedeutet. Hinsichtlich der Darstellungsweise verdient hervorgehoben zu werden, dafs der Herr Verfasser die vielen, zum Theil äufserst schwierigen Aufgaben mit Geschick und Sorgfalt behandelt hat. Wenn trotzdem das Studium des Buches eine nicht geringe geistige Anspannung erfordert, so liegt dies zum Theil in der Natur der Sache. Doch dürfte hierzu auch der Umstand beitragen, dafs der Herr Verfasser viele Zwischenrechnungen absichtlich weggelassen hat, um den Leser nicht zu ermüden. Wir sind der Ansicht, dafs hierin an einigen Stellen etwas zu weit gegangen worden ist, da der Leser — wenn er ein volles Verständnifs der Entwicklung erreichen will — sich die nicht immer leicht zu findenden Zwischenglieder selber suchen mufs. Ferner wird der Wunsch nach einer etwas eingehenderen Erörterung auch bei mancher Annahme rege, die zur Ueberwindung der Schwierigkeiten der Rechnung gemacht werden musste. So ist z. B. bei Berechnung der Lage des Rollkreises auf der Lauffläche der Radreifen für den Abstand der Stützfläche von der Radachse ein Mittelwerth eingeführt, während doch die ganze Untersuchung auf der Voraussetzung beruht, dafs die Radreifen kegelförmig sind, d. h. dafs die einzelnen Punkte der Stützfläche **nicht** in gleichem Abstand von der Radachse liegen. Die Kürze der Darstellung läfst es hier zweifelhaft, ob die vernachlässigte Gröfse gegen die in der Rechnung verbleibende von höherer Ordnung ist, wie es sein mufs, wenn das Näherungsverfahren zulässig sein soll. Ein ähnlicher Zweifel stellt sich bei der Ermittlung der Richtung des Gleitens der Räder auf den Schienen ein. Es wird dort vorausgesetzt, dafs Belastung und Halbmesser beider Räder eines Paares gleich seien, und dennoch dem **Unterschied** der Rollkreishalbmesser ein bestimmender Einflufs zugeschrieben, was natürlich den Schein eines inneren Widerspruches erweckt. Trotz dieser kleinen Bedenken mufs anerkannt werden, dafs das vorliegende Buch die gründlichste Arbeit bildet, welche bisher auf dem in Rede stehenden Gebiete erschienen ist. Jeder Fachmann, der sich mit der Ausbildung der Schienen- und Radreifenformen oder mit Versuchen über Zugwiderstände u. dergl. befafst, wird von dem Inhalte Kenntnifs nehmen müssen, während derjenige, der ähnliche allgemeine Forschungen betreibt, das Buch als einen willkommenen Wegweiser begrüfsen wird.

— Z. —

Halle a. S., Buchdruckerei des Waisenhauses.